Apontamentos para um
Curso Elementar de

Hydrographia

COORDENADOS

POR

Victor Hugo de Azevedo Coutinho

Lente da Escola Naval

PREFACIO

DE

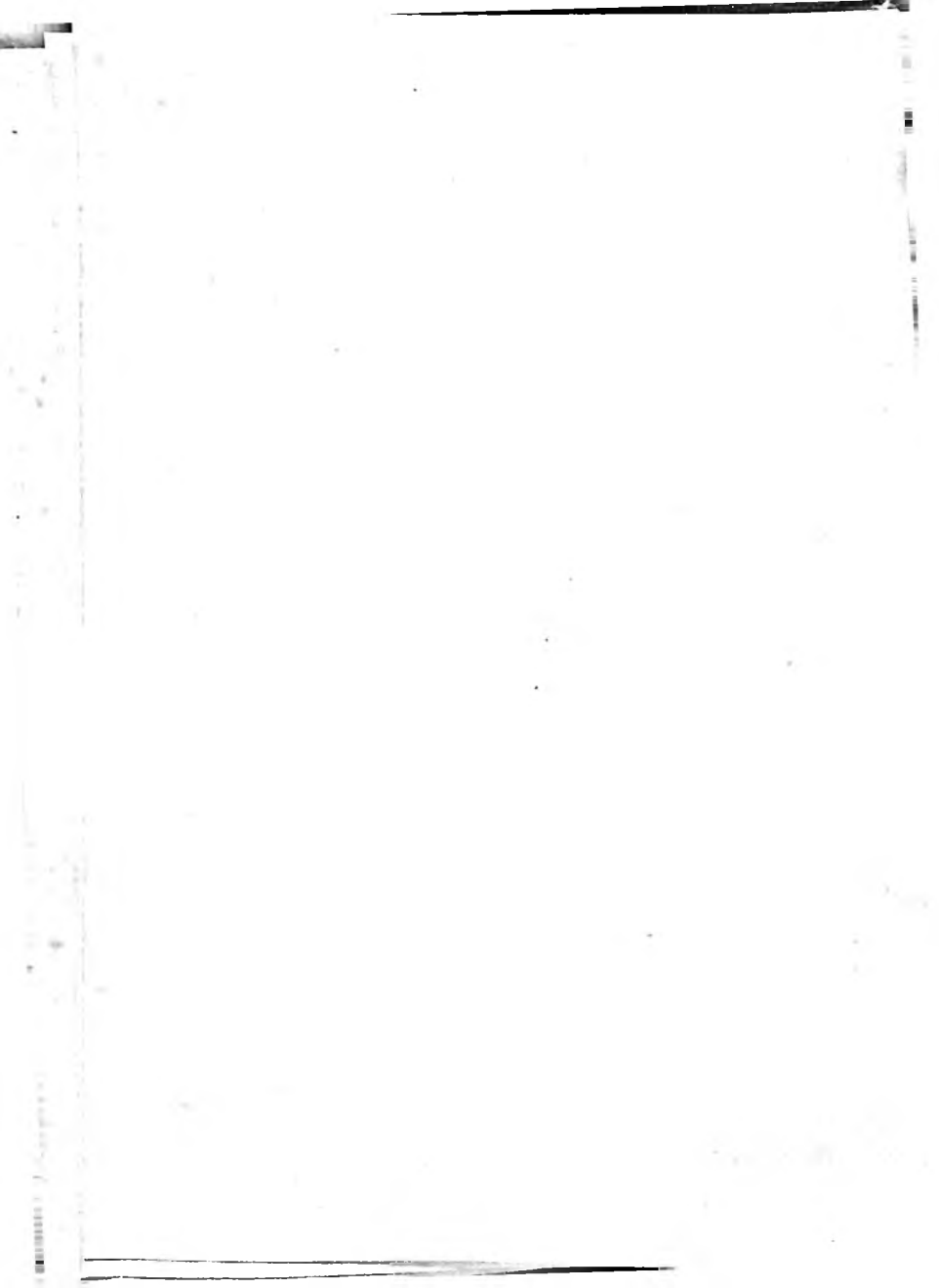
Hugo de Carvalho Lacerda Castello Branco

Capitão tenente hydrographo

1906

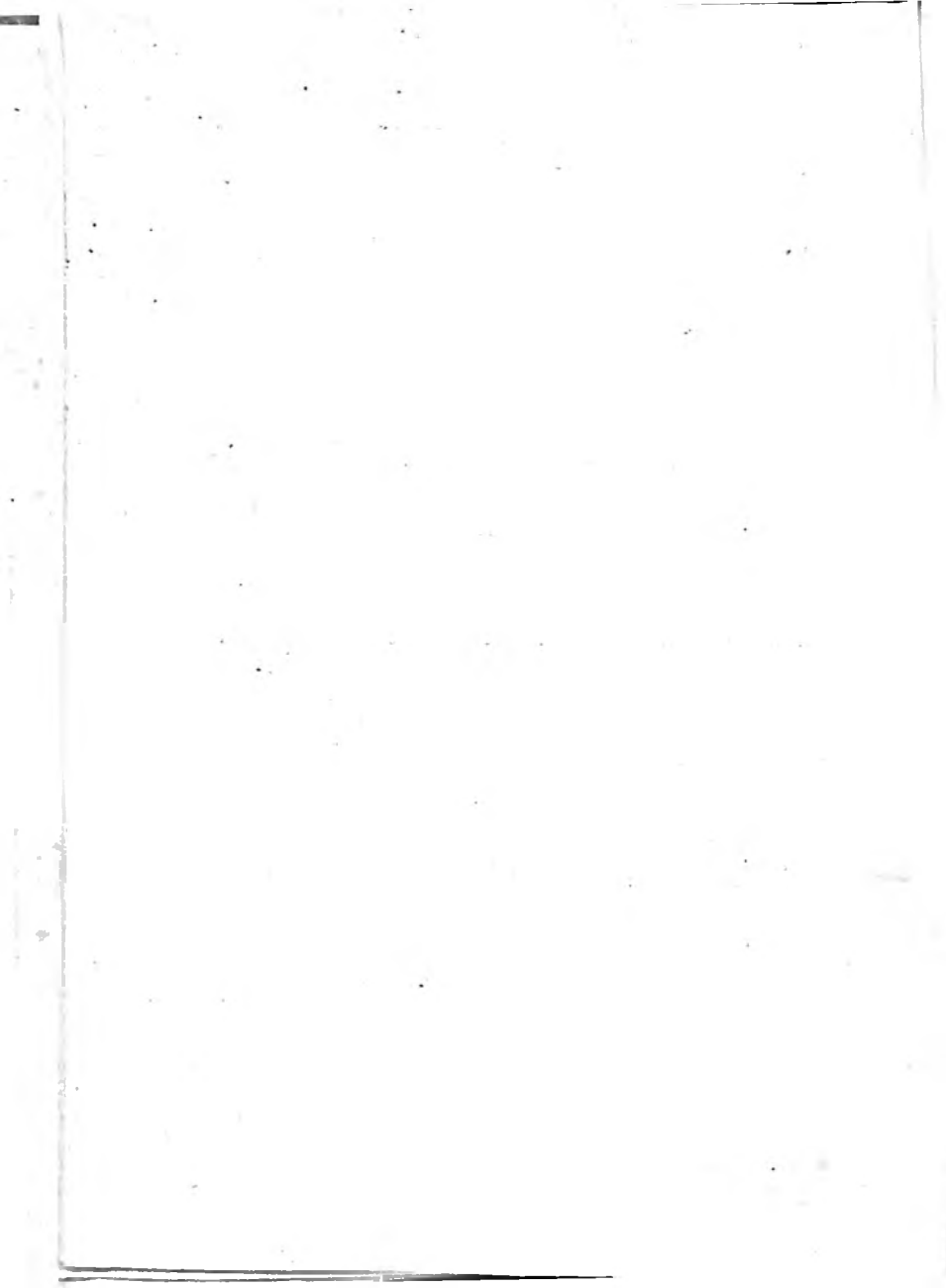
TYPOGRAPHIA DO ANNUARIO COMMERCIAL

5-Calçada da Gloria-5

LISBOA

APONTAMENTOS

PARA UM

Curso Elementar de Hydrographia

(Approvados pelo Conselho de instrucção da Escola Naval)

8

APONTAMENTOS

PARA UM

CURSO ELEMENTAR DE HYDROGRAPHIA

COORDENADOS POR

VICTOR HUGO DE AZEVEDO COUTINHO

1.º TENENTE DA ARMADA

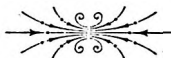
Lente da Cadeira de Hydrographia da Escola Naval

Luiz F. Lima
L.º 26/5/1928

PREFACIO

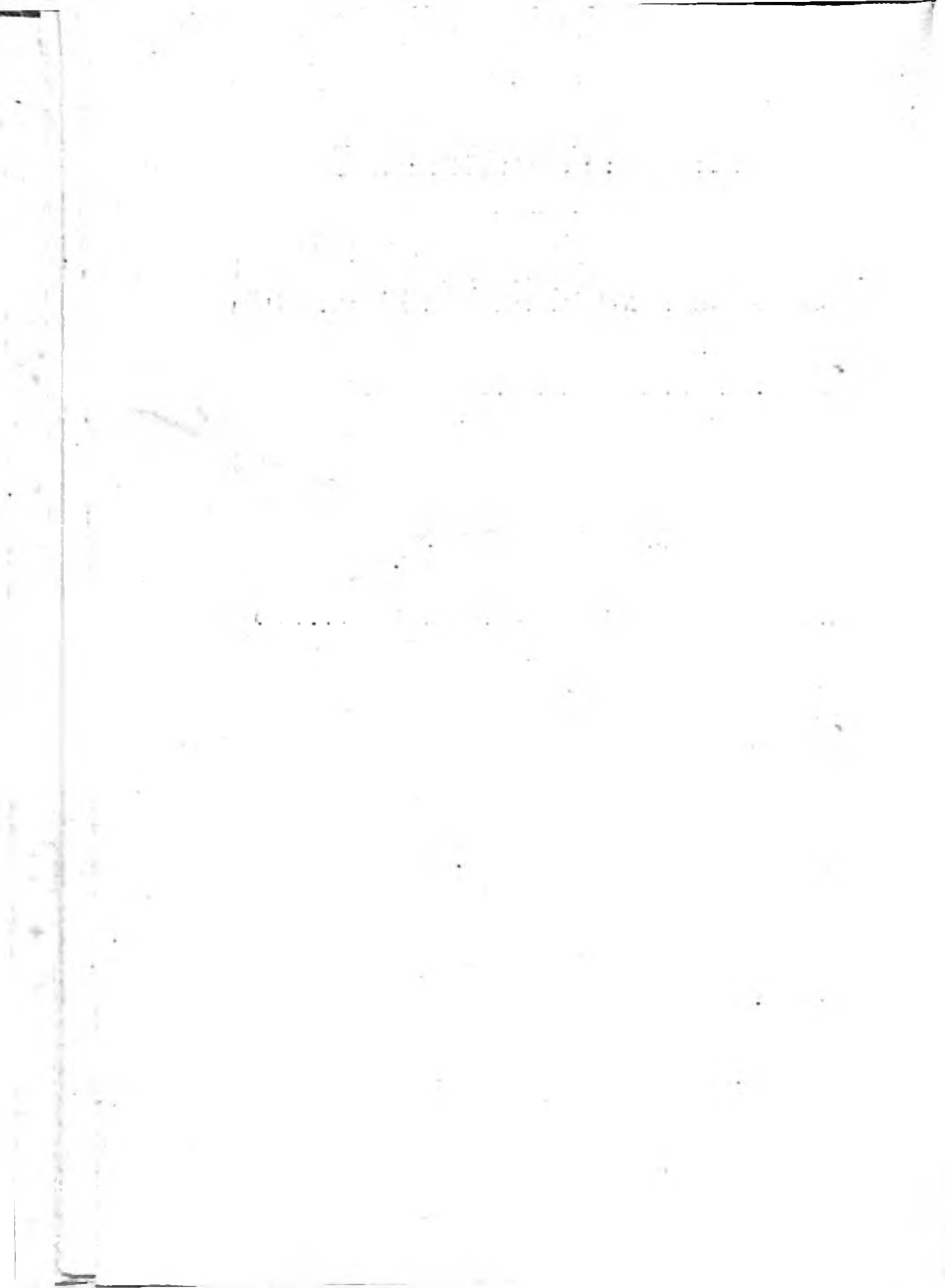
DE

HUGO DE CARVALHO LACERDA CASTELLO BRANCO

CAPITÃO TENENTE HYDROGRAPHO

LISBOA

Typ. do Annuario Commercial

Praça dos Restauradores — C. da Gloria, 5

1906

Prefacio

Montada a escola de Sagres e iniciado o periodo das grandes descobertas maritimas, começa então a ter um valor pratico a parte mais principal da hydrographia portugueza: bem natural foi o desejo de lançar ao papel, em primeiros delineamentos, os esboços dos novos portos, a direcção e contornos das costas do mar pela primeira vez enxergadas; esses desenhos eram revelações para os que não tinham a dita de se aventurar aos mares e, sobretudo, preciosos auxilios para navegações futuras. Rudimentares eram então os meios materiaes de que se dispunha; escasso era, por vezes, o tempo para minuciosos estudos; pouco explorados estavam ainda os variados processos da geometria applicada á cartographia; mas, a vista acostumada dos antigos navegantes, advinhava muito do que escapava á agulha, á barquinha e ao prumo e quando a vista falhava, não raras vezes, serviam as proprias quilhas dos navios a dar elementos para a hydrographia. E, a despeito de tudo, que admiravel verdade se encontra em muitas linhas das antigas cartas portuguezas! As cartas de hoje, muitas decalcadas sobre aquellas, quasi esquecem a primitiva origem, alterando ou traduzindo, sem rebuço, em lingua extranha, os nomes que eram nossos...

Porque paramos n'esse caminho iniciado? Por escassez de meios; por falta de incitamento; por deficiencia da organisação? Não o sabemos; o que é certo, porém, é que deixámos os outros avançar e a ponto tal que até para a navegação na costa de Portugal nos temos servido de cartas extrangeiras, onde, para cumulo, ha erros grosseiros!

Nas colonias temos, desde seculos, mantido estações navaes; mas suppomos que por incompleta organisação de serviços, muito pouco se tem feito. Extensas são as costas maritimas dos nossos dominios ultramarinos; muito ha, pois, a fazer e se quizessemos aproveitar todos os trabalhos até agora executados e infelizmente dispersos, dando-lhes a necessaria unidade, cremos que alguma coisa de util se faria em beneficio da cartographia portugueza.

Houve, durante muitos annos, uma secção de hydrographia da commissão geodesica; a ella se devem excellentes planos hydrographicos de portos da metropole; a sua acção, porém, limitou-se ao continente. Modernamente foi estabelecida uma secção de hydrographia no Ministerio da marinha, secção que, por falta de recursos ou de attribuições, pouco tem produzido dentro da esphera de acção que lhe é propria, esphera que não abrange a hydrographia colonial. E' á repartição de cartographia do Ministerio do ultramar que se deve a publicação de alguns trabalhos dos nossos officiaes de marinha nas colonias.

Com a organisação do ensino hydrographico na Escola Naval e subsequente legislação para regulamentar os trabalhos dos guardas-marinhas, formou-se, por assim dizer, uma nova secção de hydrographia que muito de valioso tem já.

*

Em nossa opinião, deveria haver uma unica repartição de hydrographia no Ministerio da marinha, repartição que dirigiria superiormente tudo o que se referisse a hydrographia.

Essa repartição, por intermedio dos seus delegados nas colonias, informaria a Escola Naval sobre o merito dos guardas-marinhas na especialidade de que se trata e recolheria todos os trabalhos, afim de lhes dar a unidade necessaria. O proprio lente de hydrographia da Escola Naval deveria reger em harmonia com as necessidades praticas que a repartição reconhecesse vantajosas. O fim principal a attingir seria: produzir-se o mais possivel e com a maior unidade e methodo.

E' claro que a esta organisação, assim levemente esboçada, deveria corresponder a existencia de navios exclusivamente destinados a trabalhos hydrographicos; um d'elles sempre em serviço colonial, concorrendo o Ministerio do ultramar para parte das despezas e o outro especialmente destinado á hydrographia das costas de Portugal e ilhas adjacentes.

*

E' fóra de duvida que o nosso official de marinha tem uma predilecção especial pelos serviços hydrographicos; tive frequentes occasiões de ver que, mesmo do aspirante de marinha, se pode colher trabalho muito util. São esses serviços um valioso exercicio para todo o official e muito particularmente para o que começa a sua carreira de mar, dando-lhe o verdadeiro *sentido* do marinheiro, que nenhuma grande bibliotheca lhe pode dar, pois que a mais difficil navegação é, em geral, aquella que se faz á vista da terra e principalmente demandando ancoradouros.

A pratica de tomar rapidamente angulos entre pontos que, sem indeterminação, fixem bem a posição; o modo de seguir enfiamentos; a avaliação de distancias; os bons processos de sondar; o conhecimento de como se apresentam os baixos á simples vista; a força com que a agua corre junto e sobre estes; o manejo de embarcações miudas, tudo isto tem uma boa escola nos exercicios hydrographicos.

Ora, dado o quesito de que a melhor qualidade que deve ter o official de marinha é ainda e será sempre a de

ter boas qualidades de marinheiro, o que acabo de apontar é mais um argumento a favor da causa que defendo e sempre tenho defendido.

*

Foi um grande passo dado para o resurgimento da hydrographia portugueza, a creação da cadeira de ensino hydrographico independente da de navegação.

Tive a honra de ser quem, de principio, teve o encargo d'esse ensino e não me envergonho de dizer que, apesar de sempre me ter dedicado especialmente a este ramo dos conhecimentos humanos, muito trabalho tive na organisação do methodo de ensino que suppuz o melhor: alliando a pratica ao estudo theorico. Pude, felizmente, conseguir, com o estabelecimento de uma lithographia, que os alumnos durante o anno lectivo apprendessem e praticassem por forma que todos os annos foi litographado e entregue á repartição hydrographica, mais de um levantamento feito por aspirantes na costa de Portugal. E o meu maior prazer, e não por vaidade, mas por amor á causa, é vêr seguido pelo meu intelligente successor esta norma de proceder.

Organisado, como foi, um regulamento que estabeleceo as normas a seguir nos trabalhos hydrographicos que tiverem de ser executados por alumnos da Escola Naval, faltava para complemento indispensavel d'esta pequena obra, d'esta parcella da grande obra que desejava ainda ver posta em pratica — o livro. — Por vezes senti desejos de o fazer e ainda, quando sahi da Escola Naval, pensei em aproveitar quaesquer futuros momentos de folga de outros serviços, para me dedicar a essa tarefa.

*

Um livro de hydrographia escripto em portuguez, seguindo processos estabelecidos por mestres portuguezes, como Folque, Batalha e Brito Limpo, já fallecidos e ainda por Campos Rodrigues, felizmente ainda vivo para gloria e proveito de Portugal, não era só preciso para os alumnos da Escola Naval; era-o para a maioria da Corporação da Armada.

Felizmente que o actual e illustrado lente da cadeira de hydrographia, veio preencher essa lacuna da bibliotheca portugueza de marinha e por forma que agradará a todos.

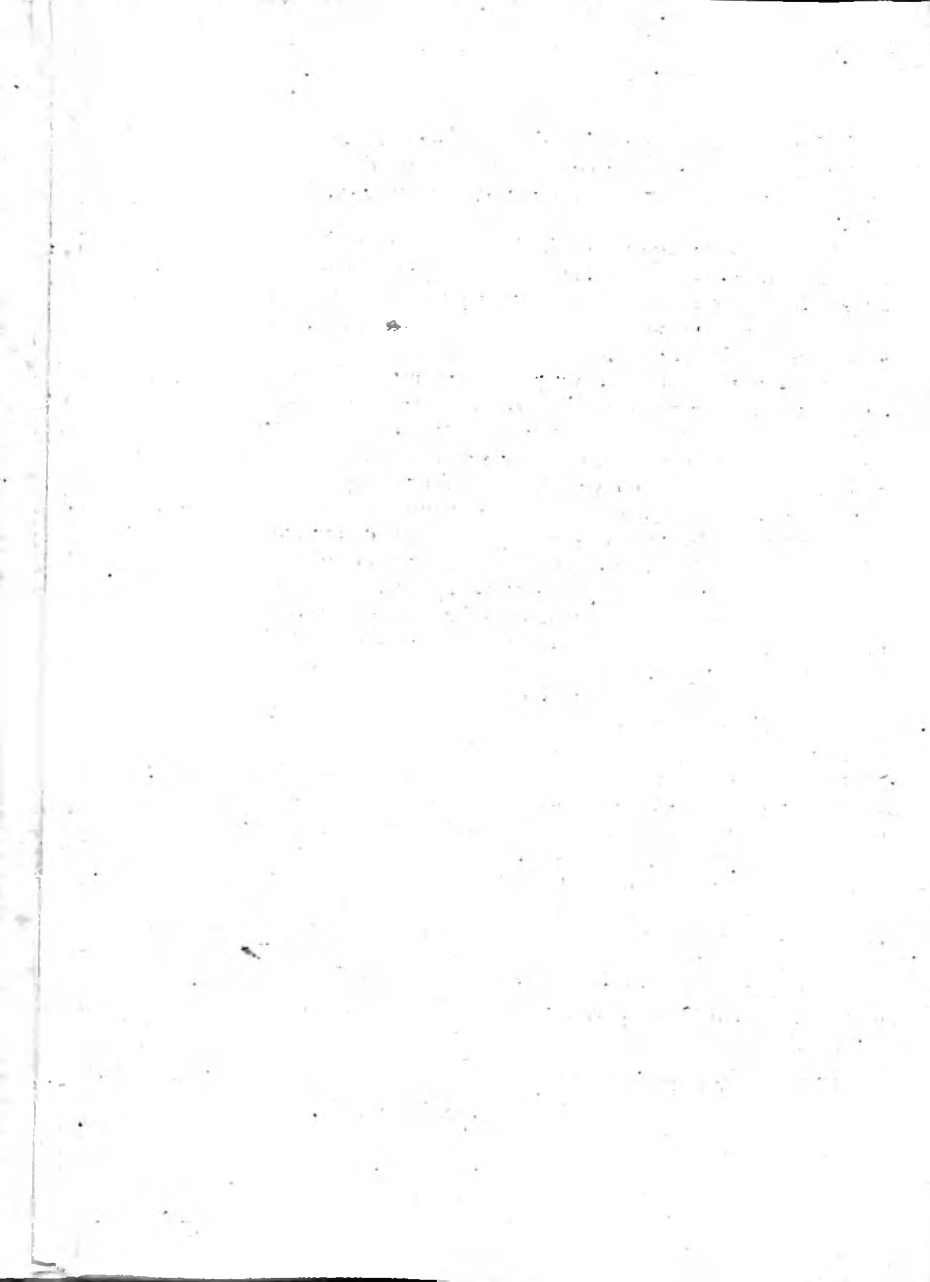
Os livros estrangeiros de hydrographia não são os mais apropriados para o ensino; não seguem todos os processos que, com razão, estão consagrados em Portugal e abundam em materias não tão necessarias, escasseando em dados praticos.

Para que um livro d'esta especie possa ser facilmente compulsado, é preciso que n'elle se façam profundas separações: a descripção dos instrumentos deve andar desligada dos processos que são communs e, dentro de cada estudo especial, convem attender á ordenação methodica de cada uma das partes que o compôem.

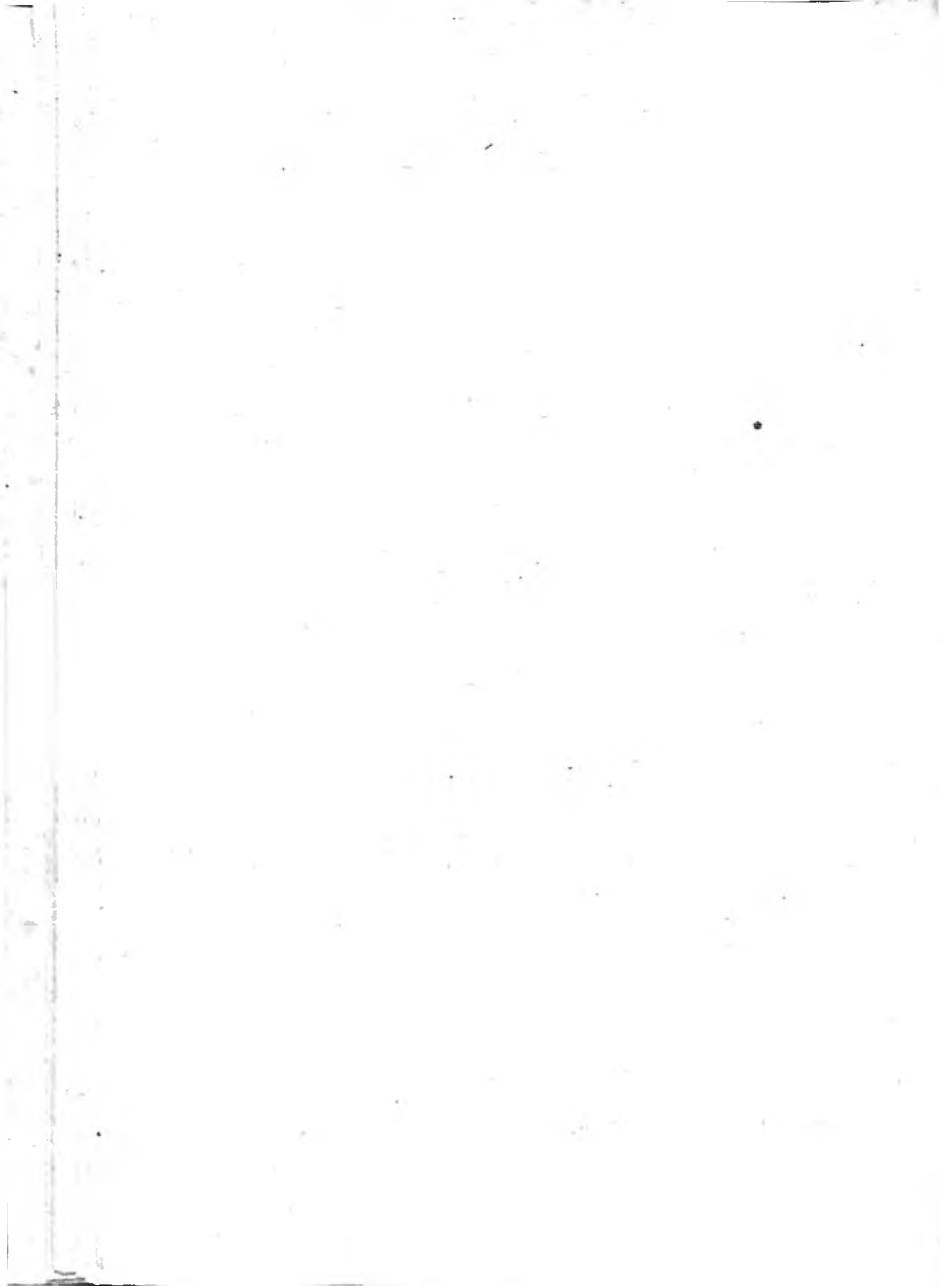
Fundamentalmente, o nosso prestimoso camarada Victor Hugo de Azevedo Coutinho seguio esta ordem de ideias que sempre adoptei para o ensino, o que, portanto, torna, a meu vêr, bastante recommendavel este livro. A minucia e o cuidado com que são tratados os assumptos honram o auctor que, relativamente, em tão pouco tempo, pelo estudo e bom criterio conseguio tanto.

Como elemento para a organisação de um bem orientado serviço hydrographico portuguez; como um precioso meio de podermos conseguir completamente, perante o mundo civilisado, a nossa missão cooperando methodica e persistentemente para o perfeito conhecimento da parte maritima que nos coube em sorte e pelo esforçado trabalho dos nossos antepassados, felicito o benemerito camarada e agradeço-lhe. Queira elle desculpar a franqueza da minha opinião que só vale pela sinceridade e oxalá que este simples prefacio sirva de incitamento aos novos com o seu trabalho generoso e aos que podem, por qualquer forma, concorrer para a melhoria dos serviços hydrographicos.

Lisboa, fevereiro de 1906.

Hugo de Lacerda.

ADVERTENCIA

Os «Apontamentos» agora publicados não são um trabalho novo. Desde a data em que, por lei, foi creada uma cadeira especial de hydrographia no curso dos officiaes de marinha, publicaram-se, na litographia da Escola Naval, varias edições de apontamentos com o fim de auxiliar o estudo das lições aos alumnos da 8.ª cadeira. Ao primeiro lente d'essa cadeira, o capitão-tenente hydrographo Hugo de Lacerda se devem os primeiros esforços; ao official que se lhe seguio, coube naturalmente o trabalho de colligir e desenvolver o que estava feito, procurando, para vantagem do ensino, conservar a primitiva orientação: fazer dos «Apontamentos» um trabalho de compulsa, auxiliando a orientação pratica a que os estudos de hydrographia teem necessariamente de obedecer e como se reputasse, agora, sufficiente para a pratica habitual, o desenvolvimento dado, tentou-se a actual publicação, julgando prestar um serviço aos camaradas, poupando-lhes embaraços na escolha de livro que diga só o que é preciso, tratando-se, claro está, da vulgar hydrographia que o official de marinha, sem especialidade de hydrographo, pode fazer.

Lisboa, fevereiro de 1906.

Relação das obras consultadas

Chauvenet — «A Manual of spherical and pratical astronomy» — Philadelphia, 1863.

Conde de Cañete d'el Pinar — «Observaciones de precision con el sextante» — Madrid, 1900.

Francœur — «Geodesie» — Paris, 1855.

Frochot — «Marées» — Campagne du Duguay Trouin, 1903-04.

Germain — «Traité d'hydrographie» — Paris, 1882.

Hatt — «Des Marées» — Paris.

Lebail — «Hydrographie» — Campagne du Duguay Trouin, 1903-04.

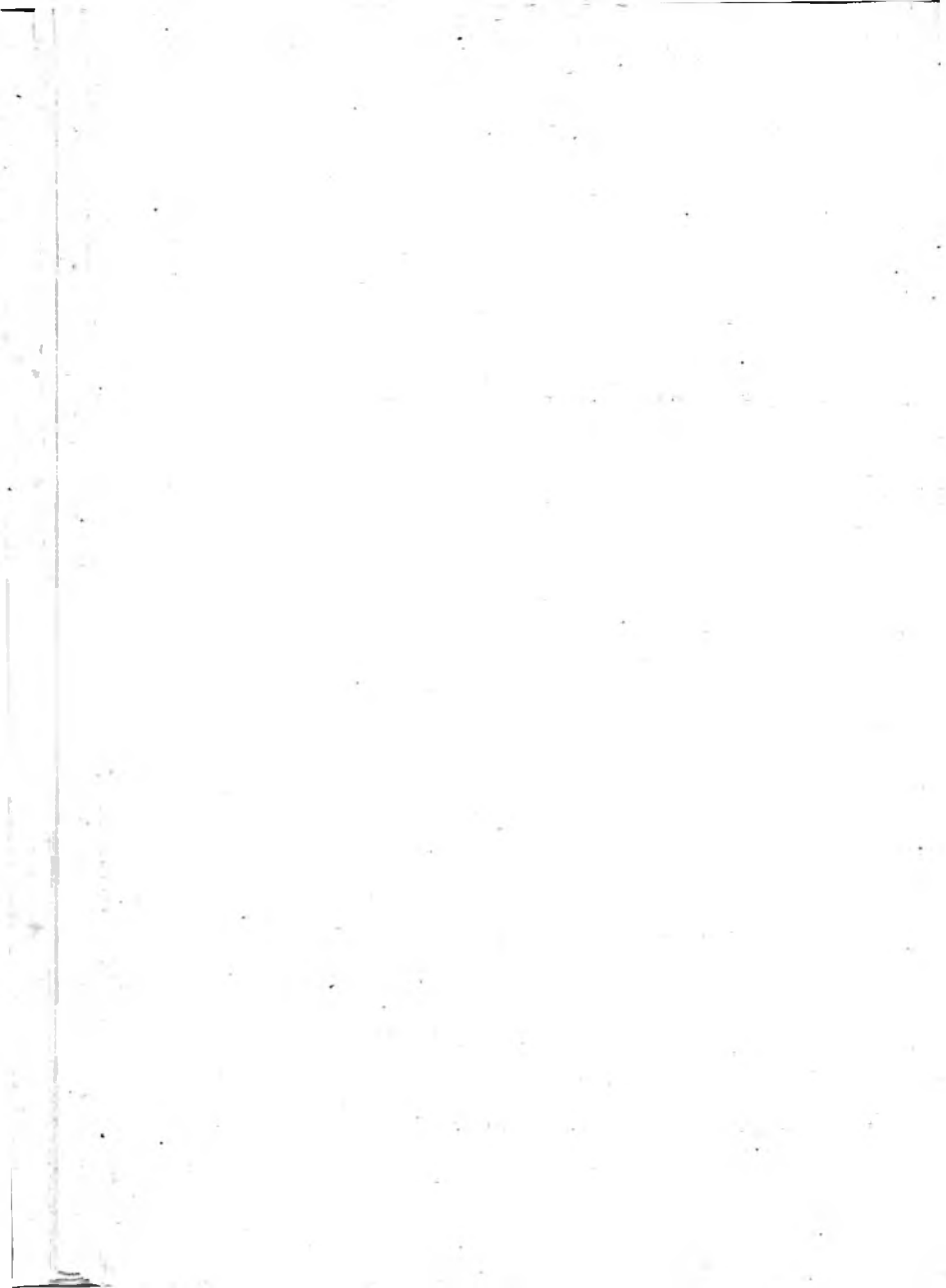
Lecky — «Wrinkles in pratical navigation» — London, 1897.

Mendes de Almeida e Guimarães — «Curso de topographia» — Lisboa, 1898.

Prévot — «Topographie» — Paris, 1898.

Thoulet — «Oceanographie statique» — Paris, 1890.
» — «Oceanographie dynamique» — Paris, 1896.

Wharton — «Hydrographical surveying» — London, 1898.

«Apontamentos para um curso elementar de hydrographia» — Escola Naval; anno lectivo de 1901-02.

LIVRO PRIMEIRO: INSTRUMENTOS

PARTE PRIMEIRA

NOÇÕES PRELIMINARES

Capitulo I — Noções elementares sobre a theoria dos erros

§ 1 — CONSIDERAÇÕES GERAES

1 — Enganos e erros. — Toda a medição em geral, vem affectada de inexactidões que podem derivar: 1.º, da falta de pratica ou attenção do observador, dando origem aos chamados *enganos*; 2.º, de defeitos inevitaveis proprios do observador, produzindo-se os chamados *erros pessoaes;* 3.º, da inevitavel imperfeição dos instrumentos empregados, d'onde se originam os *erros instrumentaes;* 4.º, de circumstancias exteriores mais ou menos desfavoraveis á operação, d'onde resulta o apparecimento de erros diversos, podendo citar-se, como um dos mais importantes, o *erro de refracção*, devido á atmosphera.

Vemos assim que nas medições ha a considerar *enganos e erros*. Os primeiros podem attingir grandes valores; é facil, porém, de comprehender que são tanto menos importantes quanto maiores forem, por isso que sendo muito grandes, facilmente se reconhece, por verificação, o seu apparecimento nos resultados, d'onde a facilidade de os corrigir. Os pequenos enganos são, nas observações de precisão, os mais traiçoeiros e perigosos; pode-se, porém, com uma certa pratica e attenção constante do observador, evitar esses enganos, sobretudo quando se organisem racionalmente as operações, de modo a tornar possiveis as verificações.

Os *erros*, pelo contrario, são de impossivel annullação por maior que seja o cuidado tido na construcção dos instrumentos e na execução das operações; pode conseguir-se restringir a amplitude de um dado erro, mas nunca torna-lo nullo. Para melhor comprehensão d'estes principios imaginemos, por ex. tomada, com um sextante e em horisonte de mar, a altura de um astro e registada a hora chronometrica correspondente. Se, com taes elementos, fizermos o calculo da hora do logar, o resultado pode vir falseado em consequencia de inexactidões commettidas nas medições feitas; assim, podem influir n'esse resultado: enganos commettidos na leitura do sextante, da

hora chronometrica, etc.; o erro pessoal do observador, por falta de precisão no estabelecimento do contacto da imagem com o horisonte ou na apreciação do instante chronometrico; os erros instrumentaes, taes como a descentralisação da alidade, má graduação do limbo, etc.; o erro de refracção astronomica, por havermos considerado um valor da refracção extrahido de taboas especiaes, valores que só são aproximados.

2 — Erros; sua distinção segundo o modo de producção e propagação. — Se se procuram estudar as inexactidões de toda a especie que affectam as observações, impõe-se a necessidade de uma classificação dos erros, considerada a maneira por que se produzem e se propagam, servindo essa classificação de base ao raciocinio nos desenvolvimentos aos quaes dá logar o estudo dos mesmos erros.

Excluidos os enganos, cujo apparecimento nas medições se poderá evitar, cuidemos o estudo dos erros segundo o seu modo de producção e propagação. Considerado esse aspecto, dividem se os erros em *accidentaes ou fortuitos* e *systematicos*, havendo autores que consideram uma sub-divisão d'estes ultimos em *constantes* e *variaveis*. Chamam-se erros *accidentaes* as pequenas inexactidões fortuitas, devidas a causas não permanentes e actuando irregularmente; essas inexactidões produzem-se, ora n'um sentido ora n'outro, passando por valores que se succedem n'uma ordem qualquer. As divergencias notadas nas leituras de um mesmo sextante, observando por vezes successivas a distancia angular entre dois pontos fixos, derivam principalmente de causas accidentaes, produzindo-se erros d'essa especie.

Não ha, com effeito, rasão para que a distancia angular medida seja sempre maior ou mais pequena do que a que representa a verdade absoluta; por outro lado, nenhum motivo conhecido nos leva á affirmação de que o erro de uma medição attinja um valor certo; somos, pois, levados á consideração de valores indifferentemente positivos e negativos, d'onde concluimos que: a somma dos erros accidentaes não cresce proporcionalmente ao numero de medições feitas, estabelecendo-se uma especie de compensação entre os erros successivos. Chamam-se erros *systematicos* as inexactidões devidas a causas permanentes e que se reproduzem, portanto, sempre da mesma maneira e segundo uma certa lei; se o erro tem sempre o mesmo valor e signal diz-se *constante*, se o valor e signal são variaveis diz-se *variavel*. O chamado *erro instrumental do sextante*, é um exemplo de erro systematico constante; a descentralisação da alidade n'esse instrumento, produz nas medições erros systematicos variaveis. Das considerações feitas se deprehende a possibilidade de praticamente reduzir a um mini-

mo acceitavel o valor dos erros systematicos de causa conhecida, podendo até em alguns casos ser esse valor determinado entrando com elle em consideração nos calculos; grandes melhoramentos e aperfeiçoamentos introduzidos no fabrico dos instrumentos de precisão e a escolha de methodos especiaes de observação teem, como dissemos, reduzido a um minimo os effeitos das principaes causas permanentes de erros, havendo, pois, a considerar nos resultados e em dadas condições, só os erros accidentaes cujo estudo fazemos no paragrapho seguinte.

§ 2 — ERROS ACCIDENTAES

3 — Caracteristicas dos erros fortuitos; curva de repartição dos erros; condições de emprego da media arithmetica. — Não ha realmente uma perfeita distinção entre os erros quanto ao modo de apparecimento: alguns que foram durante muito tempo considerados como accidentaes, passaram, depois de estudos mais completos, á categoria de systematicos, por n'elles se haver reconhecido lei propria de propagação.

Os erros fortuitos, se não teem ou ainda se lhes não descobriram leis particulares de apparecimento, obedecem comtudo a leis geraes que os caracterisam. N'uma serie muito grande de observações, praticamente excluidos os erros systematicos, reconhece-se: 1.º, que ha um numero proximamente egual de erros positivos e negativos; 2.º, que reunindo os erros com o signal $\left\{ \begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix} \right\}$ em grupos distintos, existe uma regular e systematica distribuição em cada uma das series de erros positivos e negativos; 3.º, que os erros muito grandes são excepcionaes e não ultrapassam certos limites.

Imaginemos, por um momento, rigorosamente conhecida a distancia angular entre dois pontos tomada de um terceiro ponto. Supponhamos que com um sextante se havia medido, por vezes successivas e em grande numero, essa distancia angular. Chamando A ao primeiro valor e A_1, A_2, $A_3 \ldots$ A_n ás leituras obtidas no limbo, serão

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= A - A_1 \\ \varepsilon_2 &= A - A_2 \\ &\;\vdots \\ \varepsilon_n &= A - A_n \end{aligned}$$

os differentes valores dos *erros reaes* das observações, suppostos abstrahidos os enganos. Se esses valores satisfizerem as leis geraes enunciadas, podemos concluir que elles derivam de causas accidentaes, isto é, são erros d'essa especie.

Na pratica raras vezes se conhece o valor exacto A; começa-se por determinar a media arithmetica A_m:

$$A_m = \frac{A_1 + A_2 + \dots\dots\dots A_n}{n}$$

calculando depois os valores:

$$\varepsilon_1 = A_m - A_1$$
$$\varepsilon_2 = A_m - A_2$$
$$\vdots \quad \vdots$$
$$\varepsilon_n = A_m - A_n$$

representando agora $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots\dots \varepsilon_n$ os chamados *erros residuaes*. Procede-se egualmente com esses residuos por forma analoga á exposta para reconhecimento de observancia das leis geraes enunciadas.

Um processo graphico simples auxilia esse reconhecimento: Tomemos dois eixos XX' e OY, Fig. 1. A partir da origem O, para um e outro lado, marquemos sobre XX' comprimentos proporcionaes ás grandezas dos erros, e por cada ponto de divisão elevemos uma ordenada representando, n'uma escala dada, o numero de erros correspondentes.[1] A curva determinada pelos extremos superiores das ordenadas representa a lei de repartição dos erros nas medições consideradas. Essa curva, não havendo erros systematicos, deveria ser theoricamente symetrica em relação ao eixo OY que corresponde a um erro nullo e mostrar assim que as causas de erro, para mais ou para menos, são perfeitamente eguaes e independentes. Essa symetria, porém, não existe praticamente e se a asymetria é de qualquer modo consideravel, poderemos concluir que existe nas medições uma causa constante de erro, proveniente, quer do

---

[1] Para mais facilidade de construcção, convirá na maioria dos casos, sem inconvenientes na pratica, estabelecer grupos d'essas grandezas, dentro de limites proximos e tomar, por ordenada para cada grupo, a correspondente á media das abcissas.

instrumento, quer do proprio observador, quer emfim da maneira de observar. Imaginemos, por fim, que pelo graphico foi reconhecida a observancia das leis geraes enunciadas; n'este

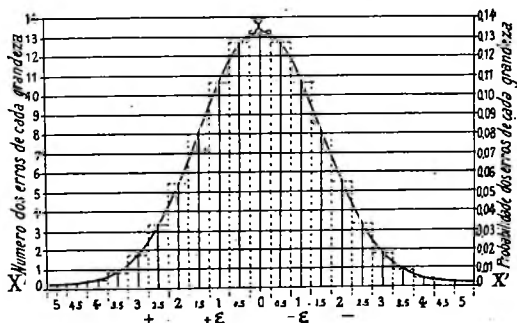



Fig. 1 — Curva de repartição dos erros

caso podemos affirmar não haver, com toda a probabilidade, erros systematicos nas medições, sendo a curva devida a erros accidentaes; é então recommendado o emprego da media arithmetica como o valor mais provavel da grandeza desejada, suppondo, claro é, que todas as observações nos merecem egual confiança por serem feitas pelo mesmo observador, usando do mesmo instrumento e em egualdade de circumstancias exteriores — isto é — *nas mesmas condições de precisão.*

NOTA — A existencia de erros systematicos nas observações pode manifestar-se no traçado da Fig. 1 por differentes maneiras: assim se, por ex., houver um erro systematico constante, pode a curva de repartição, sem perder a forma propria, accusar a existencia d'elle, apresentando uma ordenada maxima que, em vez de corresponder á origem *O*, corresponda a ponto differente do eixo XX'. A existencia de um erro systematico variavel pode, evidentemente, dar á curva da Fig. 1, uma forma muito differente da theorica.

4 — Erro medio quadratico e erro medio do resultado; seus valores. — Adoptada a media arithmetica como o valor mais provavel nas condições que deixamos apontadas, convem conhecer o grau de precisão de que ella é susceptivel

e ainda a influencia que os erros de medição teem sobre o resultado final.

— Consideremos uma grande serie de medições, em numero n e sejam $\pm\varepsilon_1, \pm\varepsilon_2, \pm\varepsilon_3 \ldots \pm\varepsilon_n$ os valores dos erros reaes (n.º 3). A sua somma ε_s é, como se sabe, dada pela expressão:

$$\varepsilon_s = \pm\sqrt{\Sigma\varepsilon^2}$$

Tomemos agora um valor tal e_q que, substituindo os erros reaes, torne a somma $\pm\sqrt{n.\ e_q^2}$ (dos n erros eguaes a e_q) egual a ε_s.

Será:

$$\pm\sqrt{\Sigma\varepsilon^2} = \pm\sqrt{n.\ e_q^2}$$

d'onde

$$e_q = \pm\sqrt{\frac{\Sigma\varepsilon^2}{n}}$$

A este valor se chama *erro medio quadratico*, erro que caracterisa o grau de precisão de uma medição isolada.

Querendo entrar em consideração com os erros residuaes, o que succede na maioria dos casos, o valor de e_q é então dado praticamente pela expressão:

$$e_q = \pm 1.25 \frac{\Sigma\varepsilon}{n - \frac{1}{2}}$$

sendo $\Sigma\varepsilon$ a somma dos valores absolutos d'aquelles erros.

NOTA. — Quando se tenha determinado, por experiencias prévias, o erro medio quadratico de uma medição, pode-se *á priori* calcular o erro a esperar no resultado final de uma operação executada em condições semelhantes ás das experiencias. Supponhamos que essa operação comporta m medições elementares; sendo e_q o erro de uma medição elementar, o erro quadratico e_s que affectará a operação, é dado pelo valor:

$$e_s = \pm e_q\sqrt{m}$$

— Conhecido o *erro medio quadratico* de uma medição e sendo *N* o numero de medições, o erro a receiar sobre a media arithmetica adoptada, é dado pela seguinte expressão:

$$E_m = + \frac{e_q}{\sqrt{N}}$$

Para melhor comprehensão d'estes principios imaginemos os seguintes problemas:

I — *Um topographo querendo conhecer a precisão com que poderá avaliar as distancias a passo sobre um terreno sem accidentes, percorreo 15 vezes o intervallo comprehendido entre dois pontos fixos distanciados de 100ᵐ, notando em cada medição o numero de passos. Qual o erro medio quadratico de uma medição? Qual o erro a esperar empregando a media arithmetica?*

N.º de passos em cada medição	Erros residuaes positivos	Erros residuaes negativos
128	0.7	
126		1.3
129	1.7	
127		0.3
126		1.3
125		2.3
126		1.3
128	0.7	
128	0.7	
126		1.3
129	1.7	
128	0.7	
130	2.7	
126		1 3
127		o 3
Media 127.3	8.9	9 4

$$\frac{100^m}{127.3} = 0^m.78 \qquad \Sigma \varepsilon = 1.83$$

$$e_q = \pm 1.25 \frac{18.3}{14.5} = \pm 1.58 \text{ passo}$$

$$= \pm 1.58 \times 0.^m78 = \pm 1^m.2$$

Empregada a media 127,3 passos, o erro medio commettido em 100ᵐ, será:

$$E_m = \pm \frac{e_q}{\sqrt{N}} = \pm \frac{1^m.2}{\sqrt{15}} = + 0^m.31$$

o que quer dizer que o topographo n'este caso poderá contar

com uma approximação de 3 decimetros n'um hectometro medido por 127.3 passos e como da expressão anterior se tira:

$$\frac{E_m}{e_q} = \pm \frac{1}{\sqrt{N}} = \frac{1}{4} \text{ aprox.}$$

conclue se que a media tomada é mais precisa que o valor de uma medição isolada na relação de $\sqrt{15}$: 1, isto é, approximadamente 4 vezes mais precisa.

II — *Nas condições do problema anterior, qual deverá ser o numero de medições a executar para que o erro medio do resultado se reduza a* $\pm 0^m.2$.

De expressão que dá o valor de E_m, tira-se:

$$N = \left(\frac{e_q}{E_m}\right)^2$$

o que para o caso proposto dá $N = 36$, sendo $E_m = 0^m.2$, como se quer; seria pois necessario executar 36 vezes a medição, para que a media arithmetica então adoptada se não affastasse mais de $0^m.2$ da distancia verdadeira.

III — *Sabendo-se que o erro medio quadratico commettido n'uma medição de* 100^m *(problema I) é de* $\pm 1^m.2$ *e tendo-se determinado por quatro medições a distancia entre dois pontos affastados de cerca de* 900^m, *calcular a grandeza do erro a esperar, tomando como valor o mais provavel d'essa distancia, a media arithmetica das quatro medições feitas.*

Para uma medição de 900^m, será (Nota a pag. 6):

$$e_s = \pm 1^m.2 \sqrt{9} = \pm 3^m.6$$

e como temos quatro medições, o erro E_m a esperar na media arithmetica terá por valor:

$$E_m = \pm \frac{3^m.6}{\sqrt{4}} = \pm 1^m.8$$

5 — Erro provavel; seu valor. — A probabilidade de um erro de grandeza determinada é a relação $\frac{n}{N}$ do numero *n* de erros do mesmo valor para o numero total *N* de todos os erros. A curva de repartição de que fallamos no n.º 3, pode ser considerada como curva de probalidades dos erros, pois que basta

multiplicar todas as ordenadas da primeira pelo factor constante $\frac{1}{N}$, para se obter as da segunda (veja-se a escala das probalidades á direita da Fig. 1, suppondo $N = 100$).

Posto isto, chama-se *erro provavel de uma observação isolada*, aquelle erro cujo valor está no meio da serie dos valores de todos os erros obtidos, considerados por ordem de grandeza e sem distinção de signaes.

N'uma serie de medições ha, portanto, tantos erros inferiores ao erro provavel, como erros superiores a este; a probabilidade de commetter, pois, um erro inferior ou superior ao erro provavel é de $\frac{1}{2}$.

E' a seguinte a expressão que liga o erro provavel ao medio quadratico:

$$e_p = \frac{2}{3} e_q \text{ aprox.}$$

No caso do problema I é $e_q = \frac{2}{3} \cdot \overset{\text{passo}}{1.58} = \overset{\text{passo}}{1.1}$ approximadamente, o que equivale a dizer que se poderá apostar um contra um, que nova medição feita, daria, para 100,^{m} um numero de passos comprehendido entre $\overset{\text{passos}}{127.3} + \overset{\text{passo}}{1.1}$ e $\overset{\text{passos}}{127.3} - \overset{\text{passo}}{1.1}$.

O erro provavel do resultado será:

$$E_p = \frac{e_p}{\sqrt{N}}$$

que no caso do problema I produzirá $E_p = \overset{\text{passos}}{0.3}$, o que equivale a dizer que se poderá apostar um contra um, que o comprimento de 100^m está comprehendido entre 127 e 127.6 passos, visto a media ser de $\overset{\text{passos}}{127.3}$

6 — Limite dos erros admissiveis; erro maximo. — Ha taboas especiaes, como as de Sanguet, que permittem, conhecido o erro provavel de uma medição isolada, determinar o numero de erros de cada grandeza que devem produzir-se n'uma serie de medições. Essas taboas de um manuseamento facil, dão nos perfeita ideia do rapido decrescimento das probabilidades dos erros superiores a um valor dado, á medida que este valor augmenta. Os erros superiores a 4 vezes o erro provavel podem praticamente considerar-se como passando o

limite dos erros tolerados e devem tornar suspeitas as observações correspondentes. E' geralmente adoptado o triplo do erro provavel (ou 2 vezes o erro medio quadratico) como limite dos erros admissiveis.

7 — Vantagens de se attender aos valores dos erros nas observações. — E' pelo conhecimento do erro medio quadratico que poderemos ajuizar do grau de precisão das indicações fornecidas pelos instrumentos de observação.

O conhecimento do erro provavel e do limite dos erros admissiveis, fornece-nos os elementos para ajuizar do rigor dos methodos empregados, podendo n'uma serie de medições regeitar aquellas que venham affectadas de erros superiores aos tolerados.

O traçado da curva de repartição dos erros para uma observação dada, comportando um grande numero de medições, permitte julgar da probidade scientifica do observador. No caso em que um observador pouco escrupuloso quizesse fazer desapparecer as grandes discordancias, buscando correcção arbitraria a certas medições, a curva de repartição dos erros affastar-se-hia da forma theorica, accusando a falta de probidade havida.

8 — Methodo dos menores quadrados. — Para casos especiaes, taes como aquelles em que as observações não deem directamente o valor das incognitas a determinar, ou ainda quando essas incognitas estejam sujeitas a certas condições ou relações trigonometricas que devem ser rigorosamente satisfeitas, os calculos dos erros teem de ser feitos recorrendo ao methodo dos menores quadrados de cujo desenvolvimento não trataremos n'este curso elementar.

9 — Media dos valores de desegual precisão. — Quando as observações não são feitas pelo mesmo observador ou ainda quando se realisam em desegualdade de circumstancias, de instrumento, etc. diz-se que os resultados são de *desegual precisão*.

Considerados apenas os erros accidentaes, não será licito, no caso presente, fazer a simples media arithmetica dos resultados; ter-se-ha de applicar a formula que dá a media dos valores de desegual precisão, formula em que cada valor é multiplicado pelo respectivo *peso* e a somma de todos os productos assim obtidos dividida pela somma dos pesos considerados.

Como applicação d'estes principios, lembremos o processo de determinação das *marchas compensadas* dos chronometros de bordo. Chamando m_{p_1} á *marcha supposta* do chronometro principal P, de peso π_p, e m_{p_2}, m_{p_3} e m_{p_4} ás marchas d'aquelle

chronometro deduzidas das marchas suppostas de outros tres chronometros *A*, *B* e *C*, com os quaes diariamente se compára o principal, será:

$$m_{pc} = \frac{m_{p_1} \times \pi_p + m_{p_2} \times \pi_a + m_{p_3} \times \pi_b + m_{p_4} \times \pi_c}{\pi_p + \pi_a + \pi_b + \pi_c}$$

sendo m_{pc} a marcha compensada do principal e π_a, π_b, π_c os pesos relativos dos chronometros *A*, *B* e *C*.

Fazendo:

$$\frac{\pi_p}{\pi_p + \pi_a + \pi_b + \pi_c} = f_p; \quad \frac{\pi_a}{\pi_p + \pi_a + \pi_b + \pi_c} = f_a;$$

$$\frac{\pi_b}{\pi_p + \pi_a + \pi_b + \pi_c} = f_b; \quad \frac{\pi_c}{\pi_p + \pi_a + \pi_b + \pi_c} = f_c$$

será:

$$m_{pc} = m_{p_1} \times f_p + m_{p_2} \times f_a + m_{p_3} \times f_b + m_{p_4} \times f_c$$

Aos valores f_p, f_a, f_b, f_c, chamaremos respectivamente *factores de precisão* dos chronometros *P*, *A*, *B*, *C* e para se obterem bastará dividir o peso relativo do chronometro considerado pela somma dos pesos relativos de todos os chronometros.

A determinação dos pesos relativos é assim feita:

Consideremos varios periodos de regulação. Conhecidos os valores das *marchas provaveis* e das *suppostas* de um chronometro *P*, por exemplo, nos differentes periodos, poderemos ter as differenças Δ_{p_1} Δ_{p_2} etc. d'aquellas marchas em cada um dos periodos; façamos a somma dos quadrados d'essas differenças. Procedendo analogamente com os outros chronometros *A*, *B* e *C* nos periodos considerados e arbitrando o peso relativo 1 ao chronometro que apresentar maior somma, será, suppondo *C* o chronometro menos preciso:

$$\text{Peso relativo de } P = \frac{\Sigma\ \Delta^2_c}{\Sigma\ \Delta^2_p}\ ; \text{ Peso relativo de } A = \frac{\Sigma\ \Delta^2_c}{\Sigma\ \Delta^2_a}\ ; \text{ Peso relativo de } B = \frac{\Sigma\ \Delta^2_c}{\Sigma\ \Delta^2_b}$$

10 — Necessidade de bem dispôr as observações para eliminação dos erros systematicos. — Como dissemos, todos os principios expendidos no § 2, só teem applicação suppostos eliminados os erros systematicos. Essa eliminação

poderá quasi completamente obter-se, empregando bons instrumentos e escolhendo os methodos de observação. Os methodos geraes que para esse fim podem ser considerados são:

Methodo differencial: aquelle em que os valores tomados são differenças de quantidades do mesmo genero que se suppõem affectas de erros systematicos. Ex.: a determinação da latitude pelo tempo que o diametro do sol leva a passar (ao nascer ou ao pôr) pelo horisonte.

Methodo de observações symetricas ou conjugadas: aquelle em que os valores considerados correspondem a posições oppostas, por tal forma que os erros n'uma observação se podem considerar eguaes e de sentidos contrarios aos da outra observação; a media elimina então os erros systematicos. Ex.: determinar o estado de um chronometro por alturas de dois astros, a E e a W, symetricas em relação ao meridiano.

Capitulo. II — Estudo de alguns orgãos dos instrumentos

§ 1 — NONIO

11 — Noções geraes. — Para podermos avaliar as fracções das menores divisões das escalas graduadas, utilisa-se ainda frequentes vezes o apparelho designado entre nós e em alguns outros paizes pelo nome de nonio, em honra do celebre geometra portuguez Pedro Nunes.

Ha, como se sabe, a considerar nonios rectilineos e curvilineos, segundo se applicam respectivamente a reguas graduadas ou a limbos.

Sem entrar em detalhes de descripção, lembremos alguns principios já estudados nos cursos de physica e mathematica elementar, principios que nos servirão para apresentar as differentes especies de nonios empregados:

a) *Nonio simples directo.* Dividamos em n partes eguaes a porção do nonio que abrange $n-1$ divisões da escala eguaes a D; será, representando por d a grandeza de uma divisão do nonio:

$$(n-1)\,D = n\,d$$

e portanto a natureza do nonio, isto é, a minima fracção que elle pode avaliar, representada por:

$$\frac{D}{n} = D - d$$

D'aqui se conclue, que, sendo o nonio graduado no mesmo sentido da escala (directo) — condição essencial no caso supposto — fazendo-se coincidir o zero do nonio (geralmente indicado por uma setta que serve de indice) com o zero da escala, as divisões 1, 2, 3 etc. do nonio avançam de $\frac{D}{n}, \frac{2D}{n}, \frac{3D}{n} \dots$ em relação ás divisões correspondentes da escala e, reciprocamente,

se a coincidencia se faz em uma d'estas divisões, o indice do nonio acha-se avançado respectivamente de $\frac{D}{n}, \frac{2D}{n}, \frac{3D}{n} \ldots$ em relação ao zero da escala.

NOTA. Para facilidade de leitura é costume inscrever junto das divisões do nonio, em vez dos numeros de ordem, o producto d'estes pela natureza do nonio.

b) *Nonio simples retrogado*. Dividamos em n partes eguaes a porção do nonio que abrange $n + 1$ divisões da escala eguaes a D; será, representando por d a grandeza de uma divisão do nonio:

$$(n + 1)\, D = n\, d$$

e portanto a natureza é n'este caso:

$$\frac{D}{n} = d - D$$

havendo necessidade em a graduação correr em sentido opposto ao da escala (retrogrado). São applicaveis a este caso considerações analogas ás feitas em a).

c) *Nonio de divisão dupla*. Dividamos em n partes eguaes a porção de nonio que abrange $2\,n - 1$ divisões da escala eguaes a D; será:

$$(2\, n - 1)\, D = n\, d$$

e portanto a natureza é n'este caso:

$$\frac{D}{n} = 2\, D - d$$

As divisões do nonio são quasi duplas das da escala, lucrando com esta disposição a respectiva leitura.

d) *Nonio duplo:* formado por dois nonios simples reunidos, lendo-se cada um do centro para os lados. E' applicado a escalas em que a cada divisão correspondem numeros distintos de graduação correndo em sentidos contrarios.

e) *Nonio dobrado ou cruzado* (double folded or crossed): — typo especial de nonio duplo, como o do caso anterior, applicavel a escalas em que a cada divisão correspondem numeros distintos de graduações correndo em sentidos contrarios. Indicado na Fig. 2, a leitura é feita para qualquer dos lados e depois, se não tivermos encontrado a coinciden-

cia, continua-se da outra extremidade para o centro até a achar.

12 — Parallaxe do nonio. — E' conveniente lembrar que as vantagens da applicação pratica do nonio derivam da grande perfeição com que a vista julga da coincidencia de dois traços finos na mesma direcção, propriedade semelhante á que tem o ouvido relativamente á percepção da simultaneadade de dois sons de egual intensidade; mas, para que aquella importante propriedade se não torne de effeitos illusorios, é necessario que a superficie do nonio se ajuste tão perfeitamente quanto é possivel á da escala. A falta d'esta importante condição pode introduzir nas leituras erros chamados de *parallaxe do nonio*, erros que em certos casos attingem valores consideraveis.

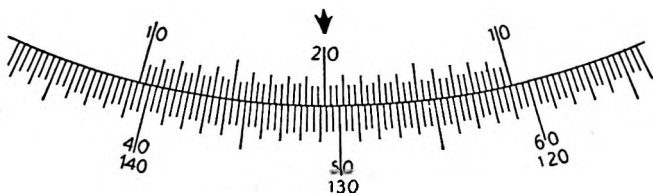



Fig. 2 — Nonio dobrado ou cruzado

Como regra geral, preceitua-se que toda a leitura deve ser feita olhando bem normalmente á escala, no ponto onde melhor pareça fazer-se a coincidencia dos dois traços.

13 — Leitura do nonio. — Em vista dos erros de parallaxe, os quaes podem ser aggravados por uma fraca ou desegual illuminação da escala e nonio, deve-se, além do cuidado em olhar bem normalmente, como foi dito no numero anterior, procurar ter uma luz que, sem ferir a vista, seja sufficientemente forte e egualmente distribuida.

O uso dos reflectores que os instrumentos modernos empregam, é de bôa pratica; um simples bocado de papel branco poderá servir de reflector improvisado, na falta de disposição propria para o mesmo fim.

Afim de evitar os enganos e erros n'uma dada leitura, convem repetil-a cuidadosamente um certo numero de vezes e adoptar a media das leituras quando as divergencias sejam pequenas. Acontece ás vezes que nenhum dos traços do nonio coincide perfeitamente com um dos da escala; deve-se então recorrer á estima em relação áquelles dois traços que mais

proximamente realisam a condição de coincidencia. Geralmente a estima limita se, em taes casos, a fazer a media d'essas duas indicações; mas ha nonios tão perfeitos e munidos de tão bôas lupas que permittem uma maior aproximação. Qualquer que seja o instrumento empregado, devemos ter sempre em vista que das bôas leituras dos nonios provêm muitas vezes a exactidão dos resultados que se pretendem e que, portanto, se deve dedicar tanto cuidado a essa operação de ler o nonio como á observação propriamente dita.

NOTA. — E' bom habito executar as leituras indistintamente com um ou outro olho e no acto da observação, observar com um dos olhos e ler com o outro.

14 — Nonios imperfeitos. — Entre as muitas imperfeições que os nonios podem apresentar devido a uma má construcção, não é raro, em instrumentos de regular fabrico, encontrar nonios que não abrangem um numero exacto de divisões da escala, como theoricamente é exigido e commodo praticamente. Dever-se-ha corrigir mechanicamente esse defeito, sempre que o nonio não tenha montagem fixa, deslocando-o convenientemente; mas, se não poder haver tal procedimento, é facil de estabelecer uma tabella de correcção: se fôr $\pm x$ o excesso do nonio sobre a escala; n o numero de divisões do nonio e m aquella divisão em que se dá a coincidencia, a correcção relativa a esta divisão terá o valor $\mp m \frac{x}{n}$. A determinação de $\mp x$ deverá ser obtida pela media de muitas observações em differentes pontos da escala.

15 — Rigor effectivo das avaliações com o nonio. — Pelas considerações atraz apontadas, facilmente se admitte que nem sempre a aproximação indicada pela natureza do nonio é realmente effectiva; e quando a essas causas se addicionam os defeitos inherentes á operação mechanica de fazer as divisões e bem assim aquelles relativos a toda a observação pessoal, ainda mais devemos considerar illusorias, dentro de certos limites, as grandes aproximações dos nonios, nomeadamente em circulos de pequeno diametro. Quando este é inferior a $0^m.1$ pode conseguir-se, praticamente, mais com os nonios até $30''$ ou mesmo $1'$, do que com maiores aproximações indicadas theoricamente.

§ 2 — PARAFUSO MICROMETRICO

16 — Noções geraes. — Para simplicidade de leitura e maior rigor nas avaliações das grandezas lineares e angulares, empregam alguns instrumentos o parafuso micrometrico que sobre o nonio tem aquellas vantagens.

Como é sabido, o parafuso é, em geral, d'aço, muito bem trabalhado, tendo a cabeça dividida para apreciar os deslocamentos correspondentes ás fracções de volta. Instrumentos ha que levam o aperfeiçoamento ao emprego do microscopio micrometrico; tal accessorio, porém, pouco usado nos instrumentos de hydrographia vulgar, não será por nós descripto.

17 — Causas de erro no emprego do parafuso micrometrico. — Além das imperfeições proprias de construcção, como são as differenças de passo e defeitos dentro de cada espira de rosca, imperfeições hoje muito reduzidas pelos modernos processos de fabrico, ha a contar no emprego do parafuso micrometrico com o *tempo perdido* e a influencia da temperatura.

O tempo perdido resulta da folga que praticamente tem de existir entre as roscas do parafuso e as da porca respectiva. Attenuam-se os erros derivados d'essa folga, obrigando o parafuso a estar encostado ás mesmas faces da rosca da porca, o que, em geral, o fabricante realisa empregando mola antagonista propria; pode ainda levar-se mais longe o rigor nas avaliações micrometricas, fazendo uso do methodo differencial, obtendo as duas indispensaveis leituras com o movimento do parafuso sempre no mesmo sentido, pelo menos no momento de fazer os dois ajustamentos. Não havendo mola antagonista, é indispensavel ter esse cuidado.

O erro devido ao *tempo perdido* pode ser aggravado e ás vezes muito fortemente, havendo laquêo nas peças de ligação da porca ou do parafuso á referencia; ainda n'este caso o movimento do parafuso sempre no mesmo sentido vém, em geral, attenuar muito os defeitos de tal imperfeição.

A influencia da temperatura — causa de erro insignificante para o nonio — tem para o parafuso micrometrico uma importancia attendivel, por isso que n'elle se dá uma dilatação differencial que vae de algum modo affectar o rigor das indicações, dada a maior aproximação exigida nas operações mais delicadas. A construcção de uma tabella de correcções pode, nos casos geraes, habilitar-nos a attenuar os erros derivados d'aquella causa.

§ 3 — LUNETA ASTRONOMICA

18 — Descripção geral da luneta astronomica dos instrumentos topographicos. — A Fig. 3 dá uma ideia da disposição das varias peças que compõem uma luneta astronomica nos instrumentos topographicos modernos.

Fig. 3 — Luneta astronomica

O — objectiva achromatica e aplanetica.
L — tubo grande.
R — tubo porta-reticulo.
r — reticulo em forma de annel e onde se fixam os fios.
o — tubo porta ocular ou *tubo pequeno*, recebendo no extremo exterior a *ocular*.
p — parafuso que por meio de cremalheira arrasta nos seus movimentos, n'um sentido e outro, o tubo porta-reticulo, obrigando-o a deslocar-se dentro do tubo grande.

— O movimento do tubo ocular dentro do tubo porta-reticulo é, em geral dado helicoidalmente a mão. Lunetas ha em que esse movimento é regulado por um botão saliente do tubo pequeno, botão que percorre um cavado helicoidal feito no tubo porta-reticulo.

a) Detalhes da objectiva.

Com a objectiva se obtem no interior da luneta uma imagem real e *invertida* do objecto visado.

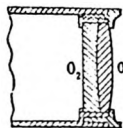



Fig. 4 — Objectiva

Para attenuar os effeitos da *aberração de refrangibilidade*, é a objectiva *achromatisada*, o que se consegue formando-a de duas lentes justapostas desegualmente refrangentes e de curvaturas convenientemente calculadas: uma O_1 Fig. 4, convergente, de vidro ordinario (crown-glass); outra O_2 divergente, em crystal (flint-glass).

As convenientes dimensões dadas á lente divergente e ainda o emprego de diaphragmas podem concorrer para em parte destruir os effeitos da *aberração espherica*, tornando a objectiva *aplanetica*.

b) Detalhes do recticulo.

O reticulo, Fig. 5, é geralmente constituido por dois ou mais fios muito delgados e encruzados que se ligam a um annel que pode ter pequenos deslocamentos no seu proprio plano e que é ligado ao tubo que recebe o seu nome. Esta ligação é quasi sempre feita por parafusos que, podendo ser movidos da parte exterior, produzem os deslocamentos de que fallámos: é assim que os movimentos verticaes do annel se conseguem manobrando os parafusos p e p_2, sendo os deslocamentos transversaes effectuados com o auxilio dos parafusos p_1 e p_3.

A principal regra a seguir n'esses movimentos consiste em começar por dar uma pequena folga ao parafuso disposto do lado para o qual se quer deslocar o reticulo, apertando depois o parafuso opposto. Esta operação que se executa com o auxilio de uma chave especial, é repetida até que se tenha levado o reticulo á posição desejada.

Fig. 5 — Reticulo

t — secção do tubo porta-reticulo.
a — annel dos fios.
$f, f,$ — fios do reticulo
p, p_1, p_2, p_3 — parafusos para dar movimento ao annel.

— Pode ainda ao reticulo ser necessario, como veremos, dar movimento de rotação no seu proprio plano e n'um sentido ou n'outro. Varios são os modos, segundo os instrumentos, para se conseguir tal movimento; todas as disposições, porém, se resumem em obter rotações para qualquer dos tubos e quando não haja disposição especial, a folga dos parafusos do annel permitte a conveniente rotação do reticulo.

—Os movimentos, do plano dos fios parallelamente a si mesmo, são realisados por meio do parafuso p, Fig. 3; com essa disposição se traz á coincidencia aquelle plano e o da imagem real dada pela objectiva. Em algumas lunetas é a objectiva que se desloca parallelamente a si mesma, sendo fixo o annel.

—Nos instrumentos topographicos vulgares a disposição e o numero dos fios do reticulo são os indicados na Fig. 5: um vertical e tres horisontaes equidistantes; nos instrumentos com applicação especial a passagem de astros, a disposição é differente: geralmente ha um horisontal e tres verticaes equidistantes.

A collocação dos fios é operação delicada; a fragibilidade d'estes chega a ponto de não ser conveniente expol-os á corrente de ar que se possa estabelecer dentro do tubo, quando aberto de ambos os lados. Para se evitarem taes inconvenientes, usam-se modernamente traços gravados em delgadas chapas de vidro, se bem que de tal disposição resulte alguma perda de luz.

c) Detalhes da ocular.

A ocular tem por fim ampliar os fios do reticulo e a imagem do objecto visado, dada pela objectiva.

São de duas especies as oculares usadas nos instrumentos de topographia: a ocular de *Ramsden* ou *positiva* e a ocular de *Huygens* ou *negativa*.

—A ocular de Ramsden, Fig. 6, é formada de duas lentes plano-convexas *c* e *o*, cujas superficies curvas estão voltadas uma para a outra.

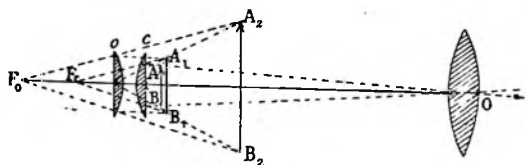



Fig. 6 — Ocular positiva ou de Ramsden

o, *c* —systema de lentes da ocular de Ramsden ou positiva
O —objectiva.
AB — imagem real invertida do objecto visado, dada pela objectiva.
A_1B_1 — imagem virtual fornecida pela lente *c* e ampliada.
A_2B_2 — imagem vista pelo observador atravez da lente *o*.

N. B.—Nas lunetas munidas d'esta ocular, deve o reticulo ficar entre esta e a objectiva, por isso que é n'esse espaço que se forma a imagem *AB*.

— A ocular de Huygens, Fig. 7, é formada por duas lentes convergentes, habitualmente plano-convexas, cujas superficies curvas estão voltadas para o lado da objectiva.

o, c — systema de lentes da ocular de Huygens ou negativa.

O — objectiva.

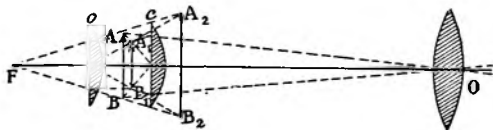



Fig. 7 — Ocular negativa ou d'Huygens

AB — imagem real invertida do objecto visado, dada pela objectiva; o facto d'essa imagem se formar entre as duas lentes do systema, dá o nome de *negativa* á ocular descripta.

A_1B_1 — imagem real fornecida pela lente *c* e reduzida.

A_2B_2 — imagem vista pelo observador atravez da lente *o*.

N. B. — Nas lunetas de ocular negativa o reticulo é collocado entre as lentes *o* e *c*, por isso que é n'esse espaço que se forma a imagem *AB*. E' attendendo a esta consideração qne nas lunetas de ocular negativa, a lente *c* se adapta ao tubo porta reticulo na posição conveniente.

—O facto da lente *c* ampliar a imagem *AB* na ocular de *Ramdsen* e reduzil-a na de *Huygens* traz para esta ultima uma menor ampliação, sendo, porém, consequentemente augmentado, na mesma lente, o campo de visão.

19 — Ampliação, força e campo de visão das lunetas; nitidez e brilho das imagens. — Para termos melhor conhecimento das qualidades especiaes que concorrem nas lunetas astronomicas, lembremos alguns principios estudados na physica.

I — Em rigor as lunetas não ampliam, por isso que as imagens por ellas dadas são muito mais pequenas que os respectivos objectos; mas o que é fóra de duvida é que essas lunetas *aproximam*, fazendo ver os objectos sob um angulo maior; á relação entre a tangente da metade do angulo sobre o qual é percebida a imagem e a tangente da metade do angulo pelo qual o objecto é visto sem auxilio de oculo, é o que chama *ampliação da luneta*. Esse valor tem por medida a relação das distancias focaes da objectiva e ocular, admittindo a coincidencia dos dois focos. Theoricamente pode-se, portanto, ter grandes ampliações com uma mesma objectiva, diminuindo a

distancia focal da ocular; mas, na pratica, a cada objectiva corresponde uma ampliação maxima dada com a ocular; é necessario, portanto, recorrer ao augmento da distancia focal da objectiva para se conseguirem maiores ampliações. O valor da distancia focal da objectiva representa sempre muito aproximadamente o comprimento da luneta, por isso que a ocular é sempre de pequeno fóco; a simples inspecção d'esse comprimento dá uma ideia da ampliação; se se quizer, porém, uma indicação mais approximada, procede-se da seguinte forma: aponta-se a luneta para uma regua graduada collocada a uma distancia tal que possam ser vistas com facilidade as divisões a olho nú; depois observa-se essa regua simultaneamente com um dos olhos á vista desarmada e com o outro pela luneta; passado algum tempo, chega-se a apreciar o numero das divisões que a olho nú parecem ter a mesma extensão que uma só das divisões vista na luneta; esse numero representa aproximadamente a ampliação.

II — *A força ou poder* de uma luneta é o numero que exprime a relação entre as distancias a que um objecto deixa de ser visto com o oculo e á vista desarmada.

III — O angulo abrangido pela vista quando se olha atravez da luneta é, em geral, o que define praticamente o seu *campo de visão*. N'uma luneta sem diaphragma, esse angulo é formado pelas geratrizes oppostas do cone tendo o vertice no centro optico da objectiva e por base o contorno da ocular; se esta pode ser deslocada, o campo é augmentado na razão de taes deslocamentos. Havendo diaphragma, como geralmente acontece, o cone mencionado tem por base o contorno da abertura d'esse diaphragma, variando o campo, portanto, com essa abertura e com a distancia d'aquelle á objectiva. O campo de visão diminue com o augmento de ampliação e está sujeito a alterações, devido á posição do olho quando observa: é o *ponto ocular*, como se sabe, aquelle que convem tomar para que a vista abranja todo o campo.

IV — A *nitidez* n'uma luneta depende da qualidade das lentes e da regularidade e formas das suas superficies. Para uma mesma objectiva e grande luz, é a nitidez, dentro de certos limites, tanto maior quanto menos brilhante é a imagem, porque esta diminuição de luz corresponde então a um maior diaphragmado, do qual resulta o aproveitamento quasi exclusivo dos melhores raios luminosos dados pela lente. A nitidez e o brilho são, pois, de alguma fórma, antagonistas uma do outro.

A nitidez e a ampliação são qualidades que se contrariam, por isso que a maior ampliação augmenta a imagem annelar enviada pela objectiva e se o diametro d'este annel é maior

que a abertura da pupilla, nem toda a luz é recebida pela retina.

V — Nos binoculos conserva-se a claridade maxima, grande campo e fraca ampliação (2 a 3 ½ em geral). Nas lunetas terrestres ha grande ampliação, com sacrificio de campo e de claridade; não são, portanto, oculos proprios para vêr de noite.

As lunetas celestes dos sextantes podem dar ampliações superiores a 6 (numero mais frequente), com sacrificio do campo, o que difficulta as observações de estrellas.

A luneta de Fleuriais consegue, comtudo, uma claridade maxima, um vasto campo e ampliação regular, qualidades que a tornam propria para as observações nocturnas.

20 — Eixos optico e geometrico. Centralisação do eixo optico. — Chama-se *eixo optico da luneta* a linha recta que passa pelo centro optico da objectiva e pelo cruzamento dos fios do reticulo. E' uma direcção importantissima a considerar nas lunetas astronomicas e nunca a devemos confundir com o eixo geometrico do tubo grande ou dos collares (n.º 21) sobre os quaes se apoia.

Em toda a luneta bem construida é essencial: 1.º) que sejam parallelos os eixos principaes das duas lentes; 2.º) que se confundam os eixos geometrico e da objectiva. N'uma boa luneta ha, pois, um ponto commum para os eixos optico e geometrico, d'onde a possibilidade de os levar á coincidencia, deslocando convenientemente o reticulo (n.º 18).

A falta d'essa coincidencia diz-se *descentralisação do eixo optico*, produzindo nas observações, como veremos, erros importantes; a operação, que tem por fim procurar a desejada coincidencia, se chama «centralisar o eixo optico».

21 — Eixo de rotação da luneta. Collares do oculo. Collimação. — Sendo as lunetas astronomicas, nos instrumentos topographicos, destinadas a visar objectos, é indispensavel que se lhes dêem apoios especiaes que facilitem as observações. A primeira ligação da luneta ao instrumento é feita por disposições diversas de que daremos uma ideia n'este numero.

a) Perpendicularmente ao eixo geometrico da luneta e passando pelo centro de gravidade do systema saem, de um lado e outro do tubo grande, dois munhões que devem ser perfeitamente cylindricos e do mesmo diametro; esses munhões assentam sobre montantes especiaes. Em alguns instrumentos, nomeadamente n'aquelles em que a altura dos montantes não permitte a rotação completa da luneta em torno do eixo dos munhões, podem estes soltar-se dos montantes, permittindo a inversão do oculo, trocando os extremos correspondentes á objectiva e ocular e até ainda a inversão dos munhões.

b) Alguns instrumentos empregam um só munhão assente

n'um montante unico, continuando a luneta a ser central relativamente ao limbo. Quando a altura do montante não permitte a rotação do oculo, é em geral necessario desmonta-lo para que possa dar-se a inversão.

c) Quando a luneta é excentrica relativamente ao limbo, sae de um dos lados do tubo grande e perpendicularmente ao eixo geometrico, uma peça de forma aproximadamente cylindrica que assenta em dois montantes collocados em analoga posição á dos montantes que servem para apoio dos munhões na disposição *a)*. A rotação da luneta é geralmente completa n'este systema.

d) Além de uma rotação propria, quando o instrumento o exija, rotação que pode ser obtida por qualquer disposição que não torne invariavelmente ligados o eixo de rotação e a luneta, pode ainda esta ter um movimento de giração em torno do eixo geometrico. Para isso, sendo o oculo independente do resto do instrumento, é o tubo grande envolvido por duas braçadeiras ligadas a montantes, braçadeiras convenientemente dispostas de forma a ficarem a eguaes distancias do centro de gravidade do systema. Essas braçadeiras — chamadas *collares* — são geralmente de secção circular; ha instrumentos, comtudo, que as empregam de secção rectangular, pelas vantagens que estas teem de se gastarem menos, sendo relativamente faceis de corrigir, quando tenham defeitos, sem irem ao fabricante. Convem notar que nas lunetas de collares, o eixo geometrico é aquelle commum ás duas braçadeiras.

Vemos assim, em resumo, que nos instrumentos topographicos, a luneta pode ter qualquer ou ambos os deslocamentos: 1.º) rotação em torno de um eixo theorico — chamado *eixo de rotação* — perpendicular ao eixo geometrico e passando por munhões ou peças que assentam sobre montantes; 2.º) giração em torno do eixo geometrico.

Chama-se *collimação* á falta de perpendicularismo dos eixos geometrico e de rotação. A differença entre 90° e o angulo entre aquellas duas linhas é o *erro de collimação.*

22 — Apontar e focar a luneta astronomica. — Diz-se que a luneta está apontada para um dado objecto, quando esse objecto se veja no cruzamento dos fios do reticulo (estando a luneta bem em fóco, como será dito) — isto é — quando os tres pontos: cruzamento dos fios, centro optico da objectiva e ponto visado estejam em linha recta.

Tem excepcional importancia nas observações de angulos, a operação de apontar a luneta; deve ella, pois, ser feita muito cuidadosamente, o que requer, devido á pouca sensibilidade e firmeza das mãos, o auxilio de disposições mechanicas, das quaes algumas já foram tratadas no numero anterior.

Nas lunetas astronomicas, a operação de focar é muito mais complexa que nos oculos ordinarios ou lunetas de Galileu. São as seguintes e por sua ordem, as operações parciaes a executar:

1ª; esclarecer os fios convenientemente, dirigindo a luneta para o ceu ou qualquer superficie bem illuminada. Se a operação é feita de noite, illuminaremos a luneta por qualquer dos processos que indicaremos no n.º 24.

2ª; pôr os fios em foco com a tiragem da ocular, movendo helicoidalmente o tubo respectivo (n.º 18).

3ª; focar um objecto afastado e bem distinto, recorrendo para esse fim ao parafuso p (Fig. 3).

4ª; se depois da operação anterior se reconhece que os fios perderam um pouco da nitidez obtida na 2.ª operação, de novo se move helicoidalmente o tubo porta-ocular até obter o fim desejado.

5ª; verifique-se, por fim, se ha a coincidencia dos planos da imagem e dos fios do reticulo; para isso desloque-se o olho perpendicularmente á direcção da pontaria, levando-o a tomar posições taes como: 1, 2, 3 da Fig. 8. Se aquella coincidencia se não realisa, um fio tal como F projectá-se sobre pontos distintos A, B e C da imagem, consideradas respectivamente as posições 1, 2 e 3; n'este caso diz-se que ha *parallaxe optica*, incorrecção que é necessario fazer desapparecer. Basta para isso mover vagarosamente o parafuso p (Fig. 3), buscando por tentativas o sentido conveniente e detendo por fim o movimento quando se reconheça annullada a parallaxe.

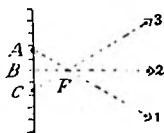



Fig. 8

Só então se pode considerar prompta a luneta para a observação. O mesmo observador não terá que preocupar-se mais com os movimentos da ocular; mas, a posição, na luneta, da imagem do objecto visado variando com a distancia d'este ao instrumento, torna obrigatorios os movimentos com o parafuso p (Fig 3), de maneira a estabelecer-se, em cada pontaria, a coincidencia dos planos da imagem e dos fios, annullando a parallaxe optica, como foi dito na operação 5.ª

23 — Collocação dos fios do reticulo. — Os fios mais finos são os de casulo de aranha, havendo alguns, nas boas lunetas, que encobrem apenas um sector de 1''. A sua grande fragibilidade difficulta a operação de os collocar no annel: — posto este a descoberto, deveremos n'elle vêr os riscos feitos pelo constructor, riscos onde assentam os extremos dos fios; tendo-se depois o fio bem distendido com pequenos pesos, destorcido e humedecido em agua quente, resta, empregando duas

pinças, assentar-lhes os extremos sobre os riscos, esticando-os e collando as suas extremidades com pingos de verniz.

24 — Illuminação dos fios do reticulo. — Nas observações de noite necessario se torna esclarecer os fios, afim de serem percebidos. Consegue-se essa illuminação enviando luz por um orificio do tubo grande e reflectindo-a com um pequeno prisma ou espelho para o lado da ocular ou ainda obrigando a luz a entrar pela propria objectiva, podendo, n'este ultimo caso, empregar-se um pequeno reflector que é facil de improvisar e que se pode perceber pela inspecção da Fig. 9.

A illuminação deve ser, quanto possivel, fraca para não prejudicar as observações; basta, na maioria dos casos, uma pequena lanterna.

25 — Tubo guarda sol. — Para as observações do sol, em que nos pode ser prejudicial toda a intensidade da sua luz, tambem a disposição anterior pode servir, se se abater a tampa vasada. Se a observação é dirigida para um ponto terrestre, mas de forma que a luz do sol, incidindo na objectiva, se torne inconveniente, póde ainda servir a mesma disposição indicada na Fig. 9, levantando completamente a tampa. Conforme os fins especiaes a que se destinam as lunetas, assim os fabricantes as munem de tubo protector de luz mais proprio.

Fig. 9 — Tubo guarda sol

L — luneta (extremo da objectiva).
a, *b*, *c*, *d* — Tubo de folha ou cartão.
e — Reflector aberto no centro e ligado ao tubo.
r, *r'* — Raios de luz da lanterna e reflectidos.

26 — Verificação de uma luneta; manchas nas imagens. — Independente do achromatismo de que se reconhece perfeitamente a insufficiencia, estudando a nitidez das imagens produzidas, as condições de bom funccionamento de uma luneta resumem-se na perfeita adaptação da objectiva e do tubo porta-reticulo nos seus logares respectivos, devendo aquella ser inabalavel e este deslisar sem empenos no tubo grande; só assim se consegue tornar invariavel, dentro da luneta, a direcção do eixo optico. E' por esta razão importante que se deve evitar, quanto possivel, desmontar a objectiva para limpeza, convindo notar que quaesquer poeiras sobre ella depositadas, sò muito ligeiramente affectam a claridade da luneta. Quando se notem manchas nas imagens, devemos antes attribuil-as á falta de limpeza dos vidros da ocu-

lar ou do reticulo; se essas manchas se deslocam sobre a imagem, quando variamos a posição do olho defronte da ocular, as impurezas que as produzem estão depositadas em vidros para áquem do reticulo; no caso contrario as poeiras estão depositadas no proprio reticulo.

§ 4 — LIMBO

27 — Noções geraes e descripção theorica. — Como se sabe, chama-se *limbo* a todo o arco de circulo graduado, servindo para medição de grandezas angulares. Essa graduação ou escala pode ser feita usando a divisão sexagesimal, ou a centesimal, sendo esta ultima a mais adoptada modernamente nos instrumentos de precisão. A primeira considera, como bem sabemos, a circumferencia dividida em 360 graus, havendo as sub-divisões: minutos e segundos; a segunda adopta a divisão da circumferencia em 400 grados, havendo as sub divisões: decigrados, centigrados (ou minutos centesimaes), milligrados, decimilligrados (ou segundos centesimaes) etc. que obedecem ás regras geraes de todas as medidas do nosso systema metrico. Um grado vale, portanto, cem minutos centesimaes, e o minuto 100 segundos da mesma especie.

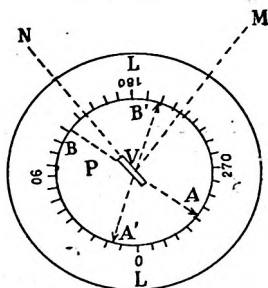



Fig. 10 — Limbo

— No mesmo limbo e a uma só graduação correspondem ás vezes duas numerações diversas correndo em sentidos oppostos; n'este caso a somma de cada dois numeros relativos á mesma divisão é uma quantidade constante. Quando a numeração é apenas uma, é habitualmente adoptado o sentido do movimento dos ponteiros de um relogio, para os valores crescentes das divisões. — Na maior parte dos instrumentos topographicos, o limbo tem a forma de um disco annelar *LL*, Fig. 10, no interior do qual se move um outro disco circular *P* que toma o nome de *alidade* e no qual se fixam os indices A e *B*, em posições diametralmente oppostas.

28 — Medição de angulos. — Se houver um visôr *V* ligado ao disco *P* e quizermos medir um angulo *NVM* cujo vertice coincide com o centro do limbo, apontamos o visôr para

N e registamos as divisões do limbo em coincidencia com os indices A e *B;* se não houvesse qualquer imperfeição instrumental deveriam as duas leituras differir de 180°, adoptada a divisão sexagesimal. Apontamos depois o visôr para *M*, registando as leituras correspondentes ás divisões do limbo agora em coincidencia com os indices nas novas posições *A'* e *B'*; essas leituras differiriam de 180° se não houvesse a contar, como dissemos, com as imperfeições do instrumento.

O angulo desejado *NVM* é evidentemente egual a *AVA'* ou *BVB'* cujos valores se poderão obter combinando convenientemente as leituras correspondentes ao mesmo indice nas duas posições.

NOTA — Os indices A e *B* representam nos instrumentos os zeros de dois nonios em posições diametralmente oppostas. Quando tratarmos dos erros instrumentaes, indicaremos as vantagens de se attender, em cada observação, ás leituras dos nonios oppostos.

§ 5 — NIVEL DE BOLHA

29 — Descripção geral. — *O nivel de bolha* é um tubo de vidro, fechado nos topos e cheio quasi completamente de um liquido muito movel. O espaço não occupado pelo liquido, está cheio do vapor d'elle [1] e em virtude das leis hydrostaticas,

Fig. 11 — Nivel vulgar

tende sempre a occupar a posição mais elevada dentro do tubo. Se este fosse cylindrico, a bolha nunca teria posição estavel, senão junto á extremidade mais elevada; mas sendo, pelo contrario, em forma de tóro ou de pipa, o meio da bolha occupa sempre o ponto onde a tangente á curva interior do tubo é horisontal. De todas as formas de curvatura a mais conveniente é a circular, porque só assim, como veremos, os deslocamentos da bolha são proporcionaes ás inclinações do tubo. A ope-

(1) E' com impropriedade que a taes apparelhos se chamam *niveis de bolha d'ar.* A existencia d'este, no espaço da bolha, traria inconvenientes para os niveis.

ração de introduzir no vidro o liquido é feita a quente afim de evitar o ar. O liquido empregado é o alcool, o ether ou ainda uma mistura dos dois, resultando esta escolha da necessidade de usar um liquido satisfazendo a dadas condições: de difficil congelação nas baixas temperaturas a esperar; pouco viscoso, para diminuir a adherencia ao vidro; pouco alteravel com o tempo e não tendo acção sobre o tubo, por isso que a formação de quaesquer depositos iria originar attritos ao movimento da bolha.

O vidro é protegido por uma guarnição metallica, Fig. 11, que apenas deixa a descoberto a parte superior onde se gravam as referencias r e r' para os extremos da bolha na posição horisontal do nivel.

Um parafuso V permitte dar ao tubo differentes inclinações sobre a base AB de apoio.

30 — Theoria dos niveis. — Para facilidade das explicações que se seguem, imaginemos a bolha concentrada no seu centro de gravidade.

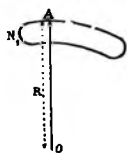
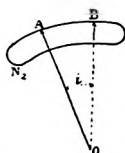



Fig. 12 Fig. 13

Seja um nivel N_1 (Fig. 12) cuja bolha occupa o ponto A, ponto mais elevado na posição considerada. A normal em A á geratriz do tóro passa pelo centro de curvatura O e é dirigida segundo a vertical. Façamos girar o nivel em torno do centro O, indo occupar a posição N_2 da Fig. 13; a bolha deslocar-se-ha de A para B, procurando o ponto mais elevado. Se designarmos por R o raio de curvatura do nivel; por s o arco AB rectificado e por i a inclinação $A\ O\ B$; será:

$$\frac{s}{2\pi R} = \frac{i^{\circ}}{360^{\circ}}$$

ou

$$s = \frac{2\pi}{360^{\circ}} R.\ i^{\circ}$$

Suppondo agora i expresso em segundos d'arco e feita a divisão do 2.º membro, temos:

$$s = \frac{R}{206265} i''$$

o que nos mostra:

1.º Que para um mesmo nivel, o deslocamento da bolha

é proporcional á inclinação dada a esse nivel no seu plano meridiano [1].

2.º Que para uma mesma inclinação no plano meridiano do nivel, o deslocamento da bolha é proporcional ao raio de curvatura.

31 — Mobilidade da bolha e sensibilidade. — São estas as duas qualidades principaes que devem concorrer n'um dado nivel para que as suas indicações nos mereçam a necessaria confianca.

A *mobilidade da bolha* traduz-se na facilidade do seu deslocamento dentro do tóro. Essa qualidade obtem-se: *a)* dando á bolha grande extensão, afim de diminuir a resistencia que a capillaridade offerece ao seu movimento; convem, comtudo, não exagerar o comprimento de modo a tornar impossivel a observação simultanea das duas extremidades da bolha, não esquecendo ainda que um abaixamento de temperatura produz um augmento nas dimensões d'aquella; — *b)* dando ao tóro um diametro sufficiente (12 millimetros), afim de que a espessura de liquido seja grande, evitando resistencias excessivas; — *c)* empregando, como já dissemos, um liquido que satisfaça ás condições que deixámos apontadas no n.º 29.

A *sensibilidade* de um nivel traduz-se pelo maior ou menor deslocamento da bolha para uma dada inclinação do apparelho. Já vimos no n.º anterior que, para o mesmo angulo, o deslocamento da bolha é proporcional ao raio de curvatura; portanto: um nivel será tanto mais sensivel quanto maior fôr R, d'onde concluimos que o raio de curvatura de um nivel fornece-nos uma medida da sua sensibilidade.

Praticamente não é possivel dar a um nivel grande sensibilidade, a não ser que o instrumento ao qual elle se adapta tenha grande estabilidade; em apparelhos pouco estaveis pode o nivel tornar-se *doido*, por excessivamente sensivel [2].

— Um nivel cuja bolha só se desloca em grandes inclinações, defeito que pode derivar da falta de qualquer das qualidades principaes apontadas, diz-se *preguiçoso*.

32 — Descripção dos niveis mais perfeitos. — Um bom nivel deve ter interiormente as suas geratrizes mandriladas em arco de circulo, sendo os extremos do tubo fechados com membranas impermeaveis que se collam ao vidro. Na

---

[1] Deve entender-se por «plano meridiano do nivel» o plano vertical que passa pelo eixo do vidro.

[2] Nos niveis de maior precisão o raio de curvatura vae até aos 50m. Nos apparelhos destinados a servir em trabalhos topographicos, os niveis teem raios de curvatura comprehendidos entre 20 e 30 metros.

sua construcção deve attender-se a todas as disposições que formulamos no numero anterior.

A geratriz, que, por meio de um delicado estudo experimental, se reconhece ser a mais perfeita, gradua-se com traços gravados normalmente ao eixo do vidro. A graduação é n'alguns niveis numerada do meio para os lados; n'outros a numeração cresce de um dos extremos para o opposto; muitas vezes ainda, a parte central deixa de ser graduada em um espaço inferior á grandeza que deve ter a bolha.

O vidro do nivel é depois mettido n'um estojo metallico aberto na parte superior para deixar ver a graduação. Afim de obter deslocamentos do nivel na direcção meridiana e na transversal, a elle se adaptam parafusos de disposição varia, chamados *parafusos de rectificação* de cujas vantagens fallaremos mais adeante.

33 — Effeitos e protecção da temperatura.—A temperatura póde modificar a curvatura do nivel; onde, porém, ella se faz sentir mais é sobre a grandeza da bolha, produzindo-se n'esta

um	augmento ou diminuição	com a	diminuição ou augmento	d'aquella.

Para melhor se evitarem essas influencias que podem ser prejudiciaes ao rigor das observações, é costume envolver os vidros de nivel, nos apparelhos mais perfeitos, com uma manga de vidro.

Como regra geral se deve estabelecer que convem sempre evitar a incidencia dos raios solares sobre os niveis, e muito principalmente nas proximidades e durante as observações que haja a fazer com elles. Em niveis dotados de grande sensibilidade, o calor do proprio observador pode ser nocivo ao rigor das operações, especialmente em tempo frio.

34 — Leitura do nivel. — Variando a grandeza da bolha devido ás influencias da temperatura, não é decerto rigoroso referir a posição d'aquella na escala, adoptando a leitura relativa a um só dos seus extremos; teremos, portanto, de ler as divisões (e decimos, por estima) correspondentes aos dois extremos da bolha, tomando a media dos dois valores obtidos; essa media representa evidentemente a posição do meio da bolha na escala. Para que no resultado obtido possamos contar com um certo rigor, é necessario que as leituras sejam feitas olhando bem normalmente ao eixo do vidro no extremo da bolha, recorrendo ao emprego de uma lupa, para, nas observações de maior precisão, melhor estimar a leitura conveniente.

Para determinação da media a que acima nos referimos, é necessario attender ao modo por que é graduado o nivel. Se a numeração corre n'um mesmo sentido de um extremo a outro do vidro, a semi-somma das leituras será o valor desejado; se, porém, a numeração partir do centro para os extremos, aquelle valor é dado pela semi-differença das leituras, correspondendo ao meio da bolha uma divisão collocada na metade do nivel na qual obtivemos a maior leitura. A regra generalisa-se adoptàndo a semi-somma algebrica das duas leituras, considerando no segundo caso como positivas as divisões de uma das metades do vidro e negativas as da outra.

Na pratica vulgar da topographia, sempre que as observações não exijam grande rigcr, não se entra em linha de conta com as variações do comprimento da bolha; nos trabalhos a executar com os niveis, trabalhos que adeante indicaremos, apenas se attende, n'aquelles casos, á leitura correspondente a um dos extremos d'ella. Assim se evitam confusões, tanto mais faceis de se dar quanto é certo que os proprios niveis dos instrumentos mais rigorosos se limitam a apresentar as divisões sem numeração.

35 — Valor angular das divisões do nivel. Zygometros. — Se fôr conhecido o angulo descripto pelo eixo do vidro de nivel, no plano meridiano, correspondente a um certo

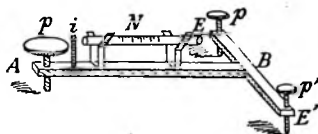



Fig. 14 — Zygometro

AB — Travessão onde pode descançar, sobre peças em V, o vidro de nivel a estudar.
EE' — Eixo perpendicular a AB e que se pode tornar horisontal por meio dos parafusos *p* e *p'*.
P — Parafuso micrometrico para medir as variações de inclinação de eixo *AB*.
i — Index onde se gravam as divisões correspondentes ao numero de voltas e fracções de volta dadas pelo parafuso *P*.

deslocamento do centro da bolha na graduação, pode se ter uma medida do valor angular de cada divisão. Suppondo a graduação bem feita e a curvatura uniforme, o mais conve-

niente será obter a inclinação relativa ao deslocamento da bolha de um ao outro extremo da graduação e depois, por uma simples divisão, obter o valor que se pretende. Assim, sendo i'' a inclinação (expressa em segundos) que foi necessario dar ao nivel para levar a bolha de um extremo ao outro da graduação e n o numero de divisões d'esta, o valor angular de cada divisão será $\frac{i''}{n}$.

— Para com todo o rigor se proceder á operação descripta e em geral para se ajuizar da regularidade das indicações de um nivel, ha apparelhos especiaes como o representado na Fig. 14, apparelhos a que o geometra portuguez Brito Limpo deu o nome de *zygometros.*

Os pés dos dois parafusos p e p', devem apoiar-se sobre peanhas de vidro assentes em base inabalavel e o do parafuso P deve trabalhar sobre uma superficie muito dura, agatha por exemplo. Todo o systema se cobre com uma machineta de vidro e o parafuso micrometrico é movido por meio de uma chave propria cuja péga é manobrada da parte de fóra da machineta.

Os exames que se fazem, para serem perfeitos, devem ser realisados em differentes dias e a diversas temperaturas que se registam, estudando-se assim o caminho da bolha por cada avanço do parafuso correspondendo a uma ou mais divisões do index, e d'um ao outro extremo do tubo e vice-versa. Se o nivel é bom, por cada fracção de volta deve a bolha percorrer sempre a mesma extensão em qualquer ponto da escala. O methodo dos menores quadrados pode ser aqui applicado.

NOTA.— Na falta de um examinador de niveis, pode servir, com algumas vantagens, o sextante, ligando o vidro á alidade, collocando o plano do limbo verticalmente e fixando o systema por meio de um supporte convenientemente arranjado.[1] Pondo então a alidade na direcção horisontal e apertando o parafuso de pressão, pode-se, com o de ajustamento, variar a inclinação da mesma alidade de 10'' em 10'', de 20'' em 20'' etc. e ir examinando os respectivos deslocamentos da bolha.

36 — Applicações dos niveis; sua rectificação. — Servem os niveis para *horisontalisar e nivelar*, devendo pela primeira expressão entender-se a operação de levar uma dada linha ou plano á direcção horisontal e pela segunda a medição das pequenas inclinações sobre essa direcção.

— Diz-se que um nivel está *rectificado*, quando os seus pontos de apoio distam egualmente do eixo do vidro; portanto,

[1] Como o que se descreve no n.º 84.

dada essa condição, se aquelles pontos estão na mesma horisontal, a bolha irá occupar o meio da graduação. Se bem que a previa rectificação de um dado nivel não seja necessaria para resolver qualquer das questões a que elle é applicado, digamos, comtudo, para facilidade de comprehensão dos principios adeante expostos, como se procederia áquella operação. Nas applicações adeante tratadas devemos suppôr que se trabalha com niveis de zero central, os mais vulgarmente empregados na topographia.

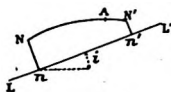
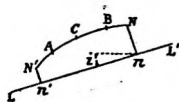



Fig. 15 Fig. 16

a) Supponhamos, Fig. 15, NN'nn' o plano meridiano de um nivel appoiado sobre a linha LL', inclinada do pequeno angulo *i* sobre a horisontal.

Registemos as duas leituras correspondentes aos extremos da bolha, cujo centro consideramos em *A*. Seja M_1 a media d'essas leituras (n.º 34). Invertamos o nivel extremo com extremo e chamemos M_2 á media que corresponde á posição do centro da bolha em *B*, Fig. 16. Da inversão do nivel resultou evidentemente uma modificação na inclinação do eixo egual a a $2i$; o deslocamento *AB* da bolha medirá o angulo $2i$ e portanto a metade d'esse deslocamento, $AC = CB = \frac{AB}{2}$, determinará a inclinação da linha LL' sobre a horisontal.

D'estas considerações se conclue que se modificassemos a inclinação de LL', na Fig. 16, até levar essa linha ao horisontalismo, o centro da bolha se deslocaria de *B* para *C*, ponto ao qual corresponde a graduação $\frac{M_1 + M_2}{2}$. Se, pois, fôr $\frac{M_1 + M_2}{2} = 0$, estará o nivel rectificado; no caso contrario, teremos de produzir na bolha um deslocamento tal que leve o ponto *C* ao meio da graduação, o que, na segunda posição (fig. 16), se consegue fazendo retrogradar a bolha (por meio d'um parafuso tal como o *V* da Fig. 11) de $\frac{M_1 + M_2}{2}$, isto é, levando o seu centro a coincidir com a divisão $M_2 - \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{M_2 - M_1}{2}$.

Praticamente, o processo resume-se no seguinte: assenta-se o nivel a rectificar sobre uma superficie qualquer quasi

horisontal; dá-se um traço fino ao longo da aresta inferior da travessa que o supporta e fazem-se as leituras correspondentes aos extremos da bolha. Em seguida, inverte-se o nivel, tendo o cuidado de o assentar de novo ao longo do traço que se deu e leem-se os extremos da bolha. Se as medias obtidas accusam differença, move-se o parafuso de rectificação proprio, corrigindo metade d'aquella differença.

b) Não querendo nas observações de menor rigôr attender á influencia da temperatura sobre a grandeza da bolha, um processo simples se recommenda para a rectificação de um nivel. Bastará considerar as leituras correspondentes ao extremo da bolha que fica *do mesmo lado do observador* nas duas posições invertidas do nivel. Com effeito, se representarmos por L_1 e L_2 as duas leituras n'essas condições, será, designando por *b* o semi-comprimento da bolha desprezando qualquer alteração:

$$L_1 = M_1 \pm b$$

$$L_2 = M_2 \mp b$$

e portanto

$$\frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

Reportando-nos ao caso anterior *a)*, vemos que o deslocamento a dar á bolha póde tambem ser representado por $\frac{L_1 + L_2}{2}$; portanto, a rectificação consistirá em levar o extremo que fica do mesmo lado do observador á graduação $L_2 - \frac{L_1 + L_2}{2} = \frac{L_2 - L_1}{2}$ e como L_2 e L_1 são sempre de signaes contrarios, poderemos estabelecer a seguinte regra geral, effectuadas as operações como praticamente foi dito para o mesmo caso:

Se as leituras L_1 e L_2 forem differentes, recorreremos ao parafuso de rectificação proprio, fazendo retrogradar a bolha até que o extremo considerado (do mesmo lado do observador) venha coincidir com a divisão da escala cuja cota seja a media das duas leituras, tomadas em valor absoluto.

37 — Nivelar.

1.º) *A operação é feita com um nivel rectificado.* Conhecendo-se o valor angular das divisões do nivel, é facil deter-

minar immediatamente a inclinação de uma dada linha sobre que se apoia o apparelho. Com effeito, se fôr M a media das leituras correspondentes ao extremo da bolha do nivel apoiado e α o valor angular das suas divisões, será

$$i = M\alpha$$

a inclinação da base d'apoio sobre a horisontal.

2.°) *A operação é feita com um nivel não rectificado.* Colloque-se o nivel sobre a linha a nivelar e registe-se a media M_1 das leituras correspondentes aos dois extremos da bolha. Inverta-se o nivel, extremo com extremo, notando a nova media M_2. Attendendo ao que dissemos no n.° 36. a), será:

$$i = \frac{M_2 - M_1}{2}\alpha$$

38 — Horisontalisar.

1.°) *A operação é feita com um nivel rectificado.* Se quizermos levar uma dada linha ao horisontalismo, não teremos mais do que modificar-lhe a inclinação até levar o nivel sobre ella apoiado a ter o centro da bolha em coincidencia com o meio da graduação.

2.°) *A operação é feita com um nivel não rectificado.* Colloque-se o nivel sobre a linha a horisontalisar e modifique-se a inclinação d'essa linha até levar o centro da bolha ao meio da graduação. Inverta-se o nivel, extremo com extremo e volte-se a modificar a inclinação da mesma linha, corrigindo metade do deslocamento da bolha devido á inversão (n.° 36). Temos assim, theoriçamente, realisado o horisontalismo da base de apoio.

NOTA — A outra metade do deslocamento referido é sem duvida produzida pela falta de rectificação do nivel empregado. Se quizermos, então, aproveitar o ensejo para rectificar o apparelho, nada mais temos a fazer do que manobrar convenientemente com o parafuso de rectificação do nivel, até levar o centro da bolha á coincidencia com o meio da graduação (n.° 36).

39 — Horisontalisar um plano. — Consideremos o caso mais geral, empregando niveis não rectificados.

1.°) *Para essa operação dispomos de um só nivel independente do plano a horisontalisar.*

Supponhamos, Fig. 17, ACBD esse plano gosando da faculdade de, por meio de disposições proprias, poder modificar as inclinações de duas direcções AB e CD perpendiculares entre si e n'elle consideradas. ([1]) Imaginemos *ACBD* n'uma posição proxima da horisontal. O horisontalismo consegue-se praticamente, procedendo da seguinte forma:

a) Colloque-se o nivel *N* na direcção *AB* e apoiado sobre o plano; n'esta posição 1, leve-se o centro da bolha ao meio

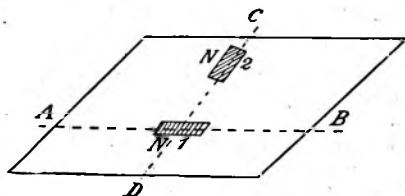



Fig. 17

da graduação, modificando, para isso, convenientemente a inclinação de *AB* sobre a horisontal.

b) Colloque-se o nivel na posição 2, modificando depois a inclinação de *CD*, até se conseguir a coincidencia do centro da bolha com o meio da escala.

c) Torne-se a collocar o nivel na posição 1, levando o centro da bolha a meio da graduação, modificando para isso e de novo, a inclinação segundo *CD*.

d) Inverta-se o nivel, extremo com extremo. Metade do desvio produzido se corrigirá alterando a inclinação de *AB*; a outra metade, devida á falta de rectificação do nivel, se annullará manobrando com o parafuso proprio do apparelho (n.º 36).

e) Leve-se o nivel á posição 2 e realise-se a coincidencia do centro da bolha com o meio da graduação, alterando a inclinação de *CD*.

Theoricamente está assim o plano horisontalisado; mas é conveniente verificar o horisontalismo em outra posição do nivel; se houver desvio da bolha, teremos de repetir as

---

([1]) Como mais tarde diremos, essas modificações de inclinação obteem-se, nos instrumentos topographicos, com os «parafusos nivelantes», que fazem parte de uma peça chamada «joelho» sobre que se apoia o plano a horisontalisar.

operações *c)*, *d)* e *e)* até se conseguir que o nivel esteja calado.

2.º) *Para a operação dispomos de dois niveis ligados ao plano a horisontalisar e dispostos segundo direcções perpendiculares.* Supponhamos ainda, Fig. 17, *ACBD* um plano que gosa da faculdade de poder modificar as inclinações de duas direcções *AB* e *CD* perpendiculares entre si e passando pelos eixos de dois niveis N_1 e N_2 ligados ao plano. Tratando-se, evidentemente, agora de um caso particular do 1.º, mostremos na exposição ahi feita, as alterações que o novo caso requer: — As operações *a)* e *b)* são executadas, sem deslocar os niveis, pela mesma ordem e em tudo analogas; na *c)* bastará annullar qualquer deslocamento da bolha do nivel N_1 que possa ter resultado da operação *b)*; as *d)* e *e)* cumpridas analogamente e e pela mesma ordem, bastando, para obter a inversão, obrigar o plano a uma meia rotação em torno de um ponto central, de modo a trocarem-se mutuamente os pontos A e B, C e D.

40 — Considerações a attender nas applicações praticas dos niveis.

I. Não esqueçamos o que foi dito no n.º 34 a respeito da determinação da media das leituras correspondentes aos extremos da bolha, quando queiramos, em operações de rigor, referir as indicações do nivel ao centro d'ella.

II. Quando haja inversão do nivel n'uma dada operação, attenda-se a que os resultados só serão praticamente satisfatorios, quando essa inversão corresponda exactamente a uma rotação de 180º; por isso é sempre conveniente registar ou gravar a direcção do eixo do nivel na primeira observação, para que a segunda, feita com o nivel invertido, se realise em direcção exactamente opposta. Nos niveis independentes, a direcção do eixo do vidro é dada por qualquer das arestas inferiores da travessa que lhes serve de base.

III. Nos niveis de zero central, o centro da bolha coincidirá, evidentemente, com essa divisão, quando as duas extremidades d'aquella estejam situadas sob divisões de egual valor. Nas operações em que se não exija grande rigôr, poderemos, para evitar o trabalho na determinação das medias das leituras correspondentes aos dois extremos da bolha, registar apenas as leituras correspondentes a *um mesmo extremo* [1] e com os elementos obtidos proceder analogamente ao que foi dito nos n.os 37, 38 e 39.

---

[1] Quando haja inversão do nivel, attenda-se a que essas leituras correspondem a extremos para lados oppostos.

IV. Nos niveis em que a graduação apresenta dois zeros distintos e pouco affastados do meio do vidro, a coincidencia do centro da bolha com o meio da graduação, dar-se-ha sempre que aos extremos correspondam divisões de egual valor. Nas operações em que se não exija grande rigôr, poderemos proceder analogamente ao que foi dito na consideração III. Attenda-se ainda, no emprego d'estes niveis, ao facto de não haver graduação na parte central, o que em certos casos é inconveniente, por não podermos aproveitar as indicações do apparelho.

V. Aos niveis em que a graduação corre de um extremo ao outro do tubo, niveis pouco empregados na topographia vulgar, são applicaveis todos os principios estudados nos numeros anteriores, attendendo, porém, a que ao meio da graduação corresponde uma divisão differente do zero, o que, em alguns pontos, altera os raciocinios feitos, alterações facilmente percebidas quando se queira operar com taes niveis.

41 — Niveis esphericos. — N'estes niveis, empregados excepcionalmente em topographia e só em operações de pouco rigor, o tubo é substituido por uma calote espherica na qual se traçam, em regra, circumferencias concentricas figurando os traços de referencia. Na sua maxima simplicidade, teem a forma indicada na Fig. 18, em que *b* representa a posição central da bolha; *S* a calote espherica de vidro que fecha o recipiente *R* onde se aloja o liquido.

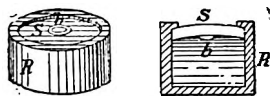



Fig. 18 — Nivel espherico

§ 6 — LUPAS, VIDROS E PRISMAS

42 — Lupas. — As lupas são microscopios que se adaptam aos instrumentos topographicos e que se utilisam na leitura dos nonios dos limbos. Podendo ter os necessarios deslocamentos de modo a aproxima-las ou affasta-las da graduação a lêr, são ligadas por disposições especiaes aos instrumentos de que fazem parte.

43 — Vidros. — Os vidros são, para varios fins, empregados nos instrumentos topographicos: produzindo reflexões de luz quando devidamente estanhados; diminuindo os effeitos d'ella na retina, quando *córádos;* ou ainda servindo de protectores de calor, correntes d'ar, poeiras, etc.

Conseguem-se fabricar vidros com as faces bem planas,

mas difficilmente se obtem o perfeito parallelismo das duas faces oppostas; praticamente, fica sempre um certo prismatismo que pode dar origem a desvios dos raios luminosos, desvios, por vezes, muito importantes, nomeadamente nos vidros córados.

E' sabida a importancia dos erros que os vidros córados de um sextante podem introduzir nas observações. Com estes vidros só um grande numero de observações do sol, convenientemente dirigidas, pode dar o valor de taes erros; mas com os vidros de um telhado de horisonte artificial, pode perceber-se mais facilmente o seu grau de prismatismo, bastando apontar uma luneta astronomica para um ponto, interpondo depois o vidro na frente da objectiva; se houver prismatismo deve dar-se um desvio da pontaria feita.

A parte mais importante dos erros devidos ao prismatismo, corrige-se por meio de um par de observações nas duas posições oppostas do vidro, mediante uma rotação de 180° em torno de uma qualquer normal ao plano do mesmo vidro. Ha sextantes em que as montagens dos vidros córados permittem essa rotação, sendo ainda vulgar, nos horisontes artificiaes, existirem disposições para darem esse movimento ás coberturas do respectivo telhado.

44 — Prismas. — Para facilitar a observação em algumas posições do instrumento ou permittir que ella seja sempre feita do mesmo modo. empregam alguns instrumentos prismas especiaes adaptaveis á luneta astronomica, prismas cuja interposição faz desviar de 90°, pela reflexão total, a direcção dos raios luminosos. Usa-se o prisma de varios modos: *a)* na ocular entre as duas lentes e o tubo respectivo é, n'este caso, um cotovello; *b)* na ocular e por fóra da lente exterior; *c)* dentro do proprio tubo grande ou do porta-reticulo, apresentando então esse tubo a forma de cotovello.

Convem notar que o emprego do prisma produz uma inversão da imagem no sentido perpendicular ás suas arestas.

§ 7 — PARAFUSOS DE PRESSÃO E AJUSTAMENTO

45 — Noções geraes e descripção. — Para que qualquer pontaria effectuada, em geral, com um visôr, seja feita em boas condições, é necessario não só que ella possa ser mantida, mas tambem que haja o auxilio de disposição permittindo os pequenos deslocamentos da direcção visual, até completa realisação da necessaria coincidencia. D'aqui a necessidade dos parafusos de *pressão* e de *ajustamento*, devendo,

com o primeiro, conseguir-se uma resistencia aos movimentos da alidade, apertando-a de encontro ao limbo [1] e obtendo-se, com o segundo e por disposição especial de que pode servir de typo a usada nos sextantes, os pequenos deslocamentos, até conseguir a pontaria desejada.

46 — Considerações sobre um systema de parafusos ajustantes. — E' de grande importancia, como facilmente se comprehende, a perfeição no fabrico dos parafusos de pressão e ajustamento e de todas as peças que com elles constituem o systema. Para que este funccione em boas condições é necessario:

— Que o aperto do parafuso de pressão se faça sem grande esforço; devendo tambem haver facilidade nos movimentos da alidade, quando aquelle parafuso esteja desapertado.

— Que a porca em que trabalha o parafuso de ajustamento fique perfeitamente fixa, dado o aperto de pressão, devendo aquelle ter mola antagonista para attenuar os effeitos do tempo perdido, convindo ainda que a sua cabeça não seja pequena, afim de poderem ser feitos, por movimentos lentos, os respectivos ajustamentos.

— Que não haja qualquer laquêo de peças de ligação.

NOTA — Comquanto o parafuso de ajustamento não sirva em geral para avaliações micrometricas, o tempo perdido é muito para considerar, podendo chegar a produzir erros de alguns minutos no momento da leitura. Para attenuar esses erros, attenda-se ao que foi dito no n.º 17.

47 — Reacção dos parafusos. — Quando se fazem ajustamentos, de uma pontaria por ex., acontece, por vezes, ao largar-se o parafuso, haver um movimento do mesmo parafuso em sentido contrario. Para evitar essa reacção, convirá verificar a pontaria depois de feito o ajustamento.

§ 8 — JOELHO DE PARAFUSOS

48 — Noções geraes. — Para ligar um grande numero de instrumentos portateis aos seus supportes, collocando esses instrumentos em determinadas posições, geralmente de horisontalismo e verticalismo, ha varias disposições que podem receber o nome generico de *joelhos*. Actualmente o systema mais usado é, na sua maxima simplicidade, o que está representado na Fig. 19.

---

[1] Outros meios se empregam ainda, como adeante veremos ao descrever os instrumentos usados em topographia.

B — base de apoio ligada ao tripé e aberta no meio para dar passagem ao parafuso que termina pelo manipulo M. Este parafuso atarracha no pé do estojo E do eixo principal do joelho, apertando-o para a base B, por meio da mola m.

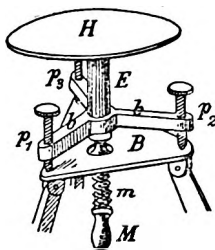



Fig. 19 — Joelho

$p_1 p_2 p_3$ — parafusos nivelantes do joelho; as respectivas porcas estão nos extremos de tres braços *b*, *b*, *b*, que partem do estojo E do eixo

H — Superficie perpendicular ao eixo do joelho.

49 — Condições a que devem obedecer os joelhos. — Tratando-se d'apparelhos em que os parafusos representam um papel principal, convirá a perfeição no fabrico d'estes, afim de que possamos effectuar, em boas condições, as operações indicadas no n.º 39.

Quando se queira usar do joelho, attenda-se a que a móla esteja bem tensa para dar bom aperto do instrumento para a base do tripé, convindo que os parafusos estejam no meio do seu curso, no começo das observações.

NOTA — Como, geralmente, os joelhos teem tambem um systema de parafusos ajustantes para dar movimento a todo o instrumento em relação ao seu joelho, é necessario examinar o estado d'esses parafusos (n.º 46).

§ 9 — TRIPÉ

50 — Noções geraes. — Os instrumentos topographicos, na sua maioria, exigem, para facilidade das observações, a sua collocação a uma altura conveniente; d'aqui a necessidade de todo o apparelho ser supportado por uma base inabalavel ou como tal considerada em relação ao rigôr e aproximação que se deseja. Nos observatorios estes supportes são

pilares de alvenaria ou cantaria, perfeitamente independentes do sobrado e em seguros alicerces. Nos instrumentos portateis recorre-se a *tripés*, tendo cada instrumento o supporte que lhe é proprio e apesar de ser a estabilidade a primeira condição a attender em geral, não deveremos esquecer as vantagens de facilidade de transporte pela diminuição de peso, sendo assim e por vezes, sacrificada aquella primeira condição.

Uma disposição que dá garantias de estabilidade é a seguinte, representada na Fig. 20:

B,B,'B'' — base onde se apoiam os parafusos do joelho (Fig. 19).

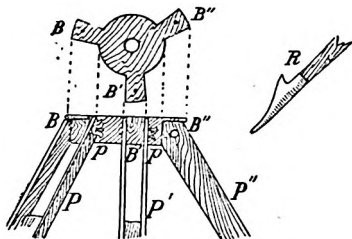



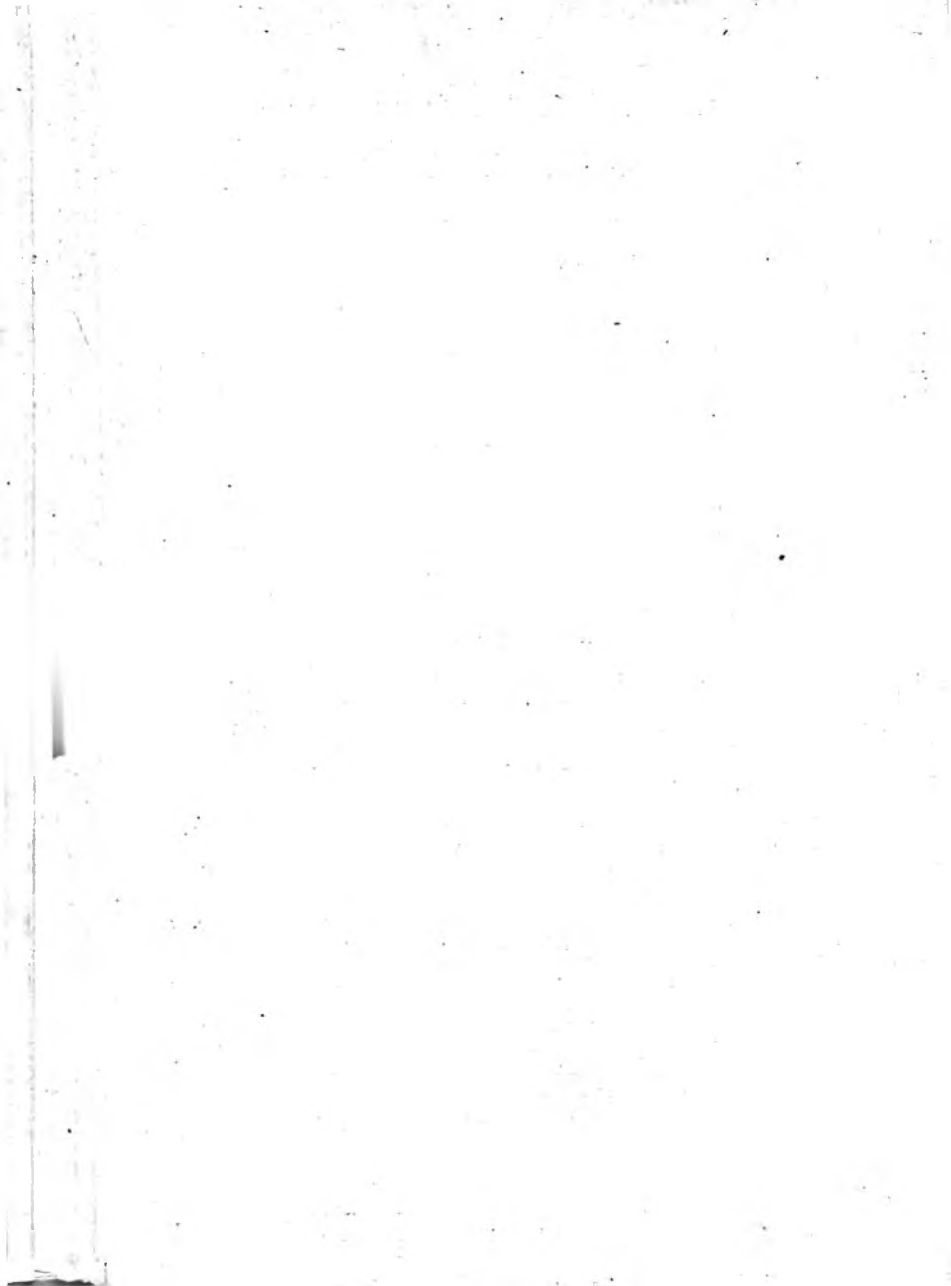
Fig. 20 — Tripé

P,P',P'' — pernas do tripé; sendo formadas de duplas travessas que se apertam para a base, por meio de parafusos *p,p*..

R — extremo de uma das pernas, ferrado e tendo um resalto para se poder carregar com o pé, afim de melhor enterrar a ponteira no solo.

Os tripés construem-se de madeira bem resistente e costumam, por vezes, ter pernas de dobrar, semelhantemente aos tripés das machinas photographicas.

51 — Preceitos a attender no uso do tripé. — As ponteiras devem cravar-se sufficientemente no chão e para isso, tendo o tripé aberto o mais possivel em relação á altura (que não deve ser muito pequena para não obrigar o observador a estar em posição incommoda) e os parafusos *p,p*.. desapertados, carregar com o pé nos resaltos das ponteiras. Os parafusos *p,p*.. devem depois apertar se bem.

NOTA — Deve ter-se todo o cuidado possivel com o tripé durante a observação, não lhe batendo com o corpo, nem mesmo apoiando as mãos sobre algumas das suas pernas, costume este muito frequente nos principiantes e inconvenientissimo.

PARTE SEGUNDA

MEDIÇÃO DE ANGULOS

Capitulo I — Instrumentos para medição de angulos. Goniometros

§ 1 — CONSIDERAÇÕES GERAES

52 – Goniometros e goniographos; sua classificação. — Chama-se *goniometro* a todo o instrumento destinado a medir distancias angulares; se o instrumento, porém, apenas regista os angulos ou as projecções d'estes sobre o plano horisontal, diz-se *goniographo*.

A classificação dos primeiros pode assim ser feita:

Instrumentos dando angulos no plano horisontal.	sem luneta: *graphometro pantometro*, etc.	
	com luneta: *circulo de alinhamento*, *circulo geodesico*, etc.	
	Bussolas.	
Idem no plano vertical.	Eclimetros.	
	Clisimetros.	
Idem nos planos horisontal e vertical.	Sextantes	
	Theodolitos	Altazimuths.
		Theodolitos topographicos.
		Theodolitos especiaes: *tacheometro*, *omnimetro*, *phototheodolito*, etc.

— O goniographo mais usual compõe-se, como veremos, de uma prancheta sobre a qual são projectadas as direcções dadas por uma alidade.

53 — Esquadros. — São assim chamados os instrumentos com que se podem obter no espaço duas direcções perpendiculares entre si. Classificam-se em *esquadros de visão directa* e *esquadros de reflexão.*

§ 2 — THEODOLITO

54 — Considerações previas. — Tendo sido, na *Parte primeira*, estudados alguns orgãos dos instrumentos topographicos e convindo reunir todos os conhecimentos adquiridos, de forma a fazermos ideia de um dos instrumentos mais completos usados na topographia — o *theodolito* — começaremos pelo estudo d'este instrumento. Dissémos no n.º 52 que se classificavam, geralmente, os theodolitos em tres grandes grupos, o que não quer dizer que não haja instrumentos que participem simultaneamente das qualidades especiaes que distinguem cada grupo:

— Dizem-se *altazimuths* ou *universaes* os theodolitos mais completos, servindo especialmente para observações astronomicas.

— O *theodolito topographico* é o theodolito vulgar para as observações propriamente topographicas.

— O grupo dos *theodolitos especiaes* é constituido pelos theodolitos munidos de disposições extraordinarias que lhes permittem fornecer outros elementos indispensaveis á topographia; assim: o *tacheometro* dá-nos distancias lineares horisontaes e o *omnimetro* fornece-nos aquellas distancias e alturas.

N'este ultimo grupo incluimos os *phototheodolitos* que, por serem acompanhados de camara photographica, substituem, a medição directa sobre as imagens vistas na luneta, por uma medição feita mais tarde no gabinete sobre a reproducção photographica d'essas imagens.

55 — Descripção do theodolito de Max-Heldebrand. — Na impossibilidade de se descreverem varios typos de theodolitos, basta fixar mais demoradamente a attenção no modelo que a Escola Naval possue, modelo de Augusto Linhe, successor da firma Max-Heldebrand.

Esse instrumento é muito para recommendar nos trabalhos topographicos que o official de marinha tem de executar, como subsidiarios da hydrographia propriamente dita. O theodolito de Max está representado na Fig. 21.

A luneta astronomica, de ocular positiva, é analoga á desenhada na Fig. 3; os deslocamentos do tubo porta-reticulo são obtidos por um parafuso de cremalheira e o tubo pequeno é movido helicoidalmente á mão, havendo o cavado proprio feito n'aquelle primeiro tubo (n.º 18).

O reticulo é constituido por um annel como o da Fig. 5, ao qual se fixam quatro fios de aranha, tres verticaes e um horisontal; os deslocamentos dos fios nas direcções vertical e transversal são obtidos por um systema de quatro parafusos, como foi indicado no n.º 18. *b*) e os pequenos movimentos de rotação do mesmo reticulo no seu proprio plano, n'um sentido ou n'outro, obteem-se por uma disposição especial que permitte uma limitada rotação do tubo porta-reticulo. Para as observações nocturnas, a illuminação interior da luneta é feita por uma abertura *i* praticada no tubo grande, havendo nas paredes interiores um espelho que produz a reflexão da luz para o lado do reticulo.

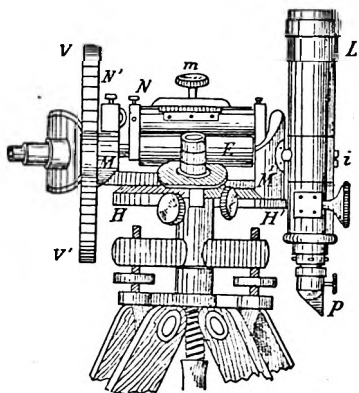



Fig. 21 — Theodolito de Max Heldebrand

A luneta tem como accessorio um tubo guarda-sol.

O oculo é excentrico; d'um dos lados do tubo grande sae uma peça aproximadamente cylindrica *E* que assenta sobre dois montantes *M* e *M'*, montantes constituindo os braços de um systema que se liga invariavelmente á alidade horisontal.

Dois limbos tem o instrumento: um horisontal *HH'*—*limbo azimuthal* — fixo ao joelho e graduado segundo a divisão sexa-

N. B. — Estudados os differentes orgãos dos instrumentos e conhecido o theodolito de Max, facil é reconhecer as differenças entre este e os theodolitos de Gambey e de Troughton, dispensando se o trabalho de os descrever aqui, bastando a simples inspecção das Fig. 22 [1] e 23 para fazer a necessaria ideia das disposições peculiares a esses instrumentos.

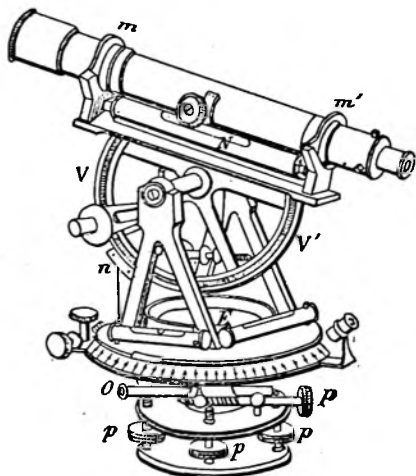



Fig. 23 — Theodolito de Troughton

m,m' — collares sobre que assenta a luneta astronomica.
N — nivel ligado invariavelmente ao oculo *L*.
VV' — limbo vertical.
n - nonio do limbo vertical.
E — estojo onde se aloja uma agulha magnetica.
p.p,p... systema de quatro parafusos nivelantes do joelho.
P — parafuso de ajustamento para o movimento de todo o systema composto do limbo horisontal e alidade, quando estas peças se tornam solidarias pela pressão de um outro parafuso collocado pela parte inferior do limbo.
O — oculo fiel.

---

[1] O modelo de Gambey que a Escola Naval possue, differe um pouco do typo geral apresentado na fig. 22; as differenças são facilmente percebidas.

57 — Eixos principal e secundario de um theodolito. — Chama-se *eixo principal* de um theodolito á linha perpendicular ao limbo azimuthal e em torno da qual a alidade executa os movimentos de rotação.

O *eixo secundario* é o eixo de rotação da luneta.

58 — Erros instrumentaes de construcção. — A falta de rigidez absoluta nos metaes e a inevitavel imperfeição no fabrico dão origem, na medição dos angulos, a diversos erros cujas causas convem investigar para destruir, quanto possivel, os seus effeitos.

Alem das causas de erro já mencionadas, taes como: tempo perdido dos parafusos, defeitos do nonio, má collocação das lentes na luneta astronomica, torção e reacção dos parafusos de ajustamento, etc., causas derivadas da falta de perfectibilidade absoluta dos instrumentos, devemos contar nas observações com algumas outras e das mais importantes. Referimo-nos *á excentricidade e má graduação dos limbos*.

a) Excentricidade dos limbos graduados. — E' raro conseguir-se que o eixo de movimento de uma alidade seja perfeitamente concentrico com o limbo graduado onde ella serve; este

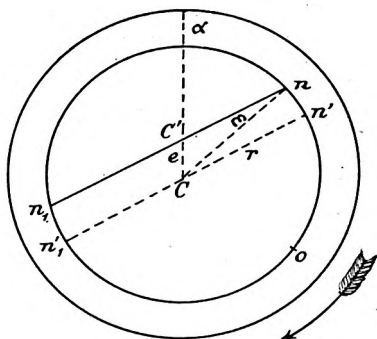



Fig. 24

defeito pode ser accidentalmente aggravado ou minorado, por uma outra descentralisação devida á indispensavel folga d'esse mesmo eixo no seu proprio estojo, folga que geralmente augmenta com o uso.

A Fig. 24 dá uma ideia do modo como deve ser considerada a primeira questão.

Seja C o centro do limbo graduado e C' o centro em torno

do qual gira a alidade $C'n$. Suppondo que se visa um ponto muito distante, a leitura n não será a exacta, mas sim n', determinada por uma parallela Cn' a $C'n$.

A correcção $\varepsilon = C'nC$, que é necessario juntar a n para obter n', é dada aproximadamente pela expressão:

$$\varepsilon = \frac{e}{r} sen\ (n - a).\ 206265''$$

sendo:

e — a distancia dos dois centros C' e C;
r — o raio do limbo graduado;
α — a divisão que corresponde á direcção CC'.

Suppondo um nonio diametralmente opposto, a correcção ε_1 terá o valor de ε com o signal contrario; portanto, o erro devido a excentricidade annullar-se-ha sempre que, para uma dada pontaria, tomarmos a media $\frac{n+n_1}{2}$ das leituras de dois nonios diametralmente oppostos.

Uma outra conclusão tiramos da formula acima: o valor absoluto do erro devido á excentricidade da alidade, é directamente proporcional a essa excentricidade e varia na razão inversa do raio do limbo graduado.

Esse erro é devido á falta de centralisação do limbo na machina de graduar.

— Tratando se do erro devido á excentricidade resultante da folga do eixo, comprehende-se que a formula anteriormente apresentada pode ter applicação a cada caso particular, concluindo-se que a média das leituras dos dois nonios oppostos vem isenta d'esse erro. E' de muito valor esta consideração, porque, por exemplo, a folga de $\frac{1}{10\,000}$ do raio do limbo, pode produzir erros de 20″, em um sextante ordinario; d'aqui o grande inconveniente d'esses goniometros terem um só nonio, dada a relativa pequenez do raio.

b) Erros de graduação. — Se bem que, devido aos modernos processos de fabrico, possamos hoje affirmar que taes erros tendem a desapparecer, comprehende-se a importancia que elles podem ter n'um instrumento de má construcção. E' ainda a média das leituras de dois nonios oppostos que consegue theoricamente annullar os erros devidos áquella causa.

— Resumindo todas as considerações feitas n'este numero, concluimos que é grande a vantagem de os instrumentos possuirem nonios em posições diametralmente oppostas; só assim

se annullam, em theoria, os erros devidos á excentricidade e á má graduação dos limbos. A somma d'esses erros para cada uma das pontarias é, evidentemente, dada pela differença das leituras dos nonios oppostos, depois de a esta se ter subtrahido meia circumferencia.

Quando se faz a média das leituras de dois nonios, basta considerar os minutos e segundos e adoptar o numero de graus de um d'elles; geralmente o que está voltado para o observador na posição de apontar.

NOTA — A consideração dos erros de que vimos fallando tem excepcional importancia no sextante, por isso que este instrumento dispõe apenas de um nonio. Observatorios como o de Kiel e Kew, encarregam-se de fazer os exames d'esses erros, em globo, passando certificados que augmentam consideravelmente o valor dos instrumentos.

59 — Erros especiaes dos theodolitos. — Sendo o theodolito destinado a dar angulos nos planos horisontal e vertical, torna-se necessario que os differentes eixos considerados no instrumento tenham as convenientes direcções. Theoricamente deverá ser:

1.º *Vertical o eixo principal* — porque só assim as leituras feitas no limbo azimuthal correspondem sempre a direcções horisontaes.

2.º *Horisontal o eixo secundario, não tendo a luneta collimação* — porque só d'essa forma podemos obter pontarias cujas direcções se encontrem no mesmo plano vertical.

Estas condições theoricas só aproximadamente se conseguem na pratica; ficam sempre erros residuaes que podem ás vezes ser avaliados e que é conveniente corrigir, quando seja possivel.

Consideradas separadamente as observações azimuthaes e as zenithaes, estudemos, em cada caso, as consequencias que para o resultado d'essas observações derivam da falta de observancia das condições theoricas acima apresentadas.

a) Falta de verticalismo do eixo principal nas observações azimuthaes. — Esta causa d'erro não é muito para temer quando o verticalismo esteja muito sensivelmente realisado e a distancia zenithal correspondente á pontaria em azimuth não seja pequena. A sua influencia é maxima quando a inclinação se der n'um plano perpendicular ao da observação; deve se, portanto, ter o maior cuidado com as indicações do nivel disposto normalmente á pontaria e sobretudo quando se vise objecto de grande elevação. A eliminação d'esse erro só poderá ser feita numericamente.

b) Falta de verticalismo do eixo principal nas observações zenithaes. — A inclinação do eixo principal no plano da obser-

vação entra com todo o seu valor como erro da distancia zenithal; portanto, nas observações zenithaes é necessario attender principalmente ás indicações do nivel parallelo á luneta.

c) Falta de horisontalismo do eixo secundario nas observações azimuthaes. — Realisado sensivelmente esse horisontalismo e nas pontarias pouco elevadas, são insignificantes os erros derivados d'aquella causa, obtendo se a sua eliminação, qualquer que seja a altura da pontaria, sempre que se opére por observações conjugadas, isto é, apontando para o mesmo objecto nas duas posições do limbo vertical, á esquerda e á direita (o que corresponde muitas vezes, em lunetas descentralisadas, ás posições direita e esquerda da luneta). Tomada a média das leituras correspondentes a essas duas pontarias empregadas, eliminamos o erro resultante da causa apontada.

d) Falta de horisontalismo do eixo secundario nas observações zenithaes. — Sendo a inclinação muito pequena, pode-se considerar que os erros provenientes d'esta causa são desprezaveis em relação a qualquer altura que se observe.

e) Collimação da luneta nas observações azimuthaes. — N'estas observações, qualquer erro de collimação pode produzir grandes erros, se as pontarias forem muito elevadas. Nas pontarias horisontaes, o erro de observação é exactamente egual ao de collimação. Os erros derivados d'aquella causa podem ser annullados, theoricamente, procedendo por observações conjugadas, como foi dito em *c*).

f) Collimação da luneta nas observações zenithaes. — N'estas observações, um pequeno valor da collimação é de effeitos praticos desprezaveis.

— De tudo o que foi dito n'este numero, poderemos concluir, em resumo:—Sempre que os erros especiaes do theodolito sejam pequenos, conseguimos, procedendo por observações conjugadas, a eliminação theorica dos erros mais importantes, com excepção dos que derivam da falta de verticalismo do eixo principal; portanto, como regra geral, deve-se reduzir ao minimo o erro resultante d'esta ultima causa.

60 — Erro resultante da excentricidade da luneta. — Nos instrumentos em que a luneta é excentrica, como no theodolito de Max, a leitura correspondente a uma dada pontaria não é, evidentemente, a que se obteria se a luneta fosse central. Se representarmos por ε o erro que se commette devido a uma excentricidade r, o valor d'esse erro, quando se visa um objecto á distancia D, tem por valor:

$$\varepsilon = \pm \frac{r}{D \operatorname{sen} 1''}$$

dependendo a escolha do signal, da posição da luneta relativamente ao centro do limbo.

A média das leituras obtidas, procedendo por observações conjugadas, como foi dito no n.º 59 *c)*, vem evidentemente isenta d'aquelle erro.

61 — Rectificação geral de um theodolito. — Designa-se pela expressão: — *rectificar um theodolito* — o conjuncto de trabalhos destinados a pôr este instrumento (quando devidamente estabelecido no seu supporte) prompto a dar as coordenadas zenithaes de qualquer ponto para onde seja possivel dirigir a luneta. Realisadas praticamente as condições de que fallamos no n.º 59, a rectificação do instrumento completa-se procedendo ainda a algumas operações indispensaveis ao funccionamento do theodolito. Na pratica procede-se pela forma e ordem que vamos indicar:

1.ª *Verticalisar aproximadamente o eixo principal*, por meio dos niveis encruzados do instrumento, collocando previamente um dos niveis na direcção de dois parafusos nivelantes e levando a meio as bolhas dos niveis, com o auxilio d'esses parafusos.

2.ª *Pôr em fóco as lupas e os fios do reticulo* (1.ª e 2.ª operação do n.º 22).

3.ª *Completar o verticalismo do eixo principal, rectificando conjunctamente os niveis encruzados.* Ainda com os niveis respectivamente nas posições que tinham na operação 1.ª, verifique-se se houve qualquer desvio nas bolhas, levando-as novamente a meio, quando seja necessario. Proceda-se depois á inversão dos mesmos niveis, levando a alidade a girar de 180°. Metade do deslocamento de cada bolha será corrigida pelos convenientes parafusos nivelantes e a outra metade pelos parafusos de rectificação proprios. (n.º 39).

4.ª *Annullar a collimação da luneta.* Aponte-se esta para um ponto proximo do horisonte e registe-se a leitura L_1 do limbo azimuthal e correspondente a um dos nonios: o voltado para o observador, por exemplo. Leve-se depois a alidade a girar de 180° e inverta-se a luneta (n.º 21), apontando novamente para aquelle ponto escolhido, registando a leitura L_2 do nonio que agora occupa a posição anteriormente indicada. A collimação é dada pelo valor $\frac{L_2 - L_1}{2}$; collocando, portanto, o zero do nonio na divisão $L_1 + \frac{L_2 - L_1}{2} = \frac{L_2 + L_1}{2}$, restará deslocar convenientemente o reticulo pela manobra dos parafusos lateraes proprios, até se conseguir ver o ponto escolhido no fio central vertical.

NOTAS. — Se a luneta pode inverter os munhões (n.º 21 *a)*, não é preciso dar rotação á alidade azimuthal.

— Se a luneta fôr excentrica, convem escolher um ponto muito affastado para que a excentricidade não influa como causa d'erro.

5.ª *Horisontalisar o eixo secundario.* Feitas as rectificações anteriores, o horisontalismo do eixo secundario obtem-se praticamente por qualquer dos processos seguintes:

a) Apontando a luneta para um ponto bastante elevado, registe-se a leitura L_1 no limbo horisontal e correspondente a um dos nonios. Faça-se depois girar a alidade de 180°, inverta-se a luneta e aponte-se de novo para o ponto escolhido, registando a leitura L_2 do outro nonio. Se $L_1 = L_2$, o instrumento não precisa de rectificação; no caso contrario, manobra-se o parafuso de ajustamento da alidade até que o segundo nonio marque o angulo $\frac{L_1 + L_2}{2}$. Restará levar o ponto escolhido a coincidir com o fio central vertical, movendo convenientemente os parafusos que elevam ou abaixam os montantes do eixo de rotação.

b) Obrigando o cruzamento dos fios, por meio de rotação da luneta, a percorrer um fio de prumo de grande extensão, collocado a alguns metros na frente do instrumento. Se aquelle ponto se não projectar sempre no fio, teremos de a isso o obrigar, movendo convenientemente os parafusos que elevam ou abaixam os montantes do eixo de rotação.

A esquina de uma casa pode, nos casos geraes, substituir o fio de prumo.

Quando se empregar este fio, é conveniente metter o peso n'uma vasilha com agua tranquilla.

c) Empregando um nivel que se apoie sobre o eixo secundario, procedendo ao horisontalismo com o auxilio dos parafusos dos montantes.

NOTA. — Quando o instrumento não possua disposição para alterar a inclinação do eixo secundario, teremos de attender ao valor do erro nas observações, ou, o que é melhor, proceder por observações conjugadas. (n.º 59 *c*).

6.ª *Tornar vertical um dos fios centraes do reticulo e horisontal o outro.* — Se as pontarias fossem sempre feitas pelo cruzamento dos fios, pouco importaria a direcção d'estes; mas, como serve, muitas vezes, só uma parte do fio vertical na observação de angulos horisontaes, e outra do fio horisontal na observação das distancias zenithaes, é necessario que o primeiro seja rigorosamente vertical e perpendicular ao segundo. Para reconhecer se o fio horisontal está parallelo ao horisonte, move-se lentamente o parafuso de ajustamento da alidade,

movimento que arrasta a luneta, devendo o fio em todo o seu comprimento, encobrir sempre um mesmo ponto escolhido. Se isto não acontecer, move-se o reticulo em torno do eixo geometrico do oculo, n'um sentido ou n'outro, (n.º 18 *b)*.

Para verificar, depois de obtido o horisontalismo do primeiro fio, se o segundo está vertical, como deve, basta ajustar este com o ponto visado; mover o parafuso de ajustamento do limbo vertical, movimento que arrasta o oculo, e então reconhecer se o referido ponto se projecta constantemente sobre o fio.

Estas duas rectificações, a que vulgarmente se chama *orientar o quadro do reticulo,* devem sempre considerar-se secundarias em relação á do erro de collimação que tem de ser rigorosamente annullado.

7.ª *Acertar o zero do nonio do vertical*, isto é, levar esta ao zero da escala quando o eixo da luneta esteja {horisontal / vertical}, conforme a graduação corresponda a {alturas / distancias zenithaes}. Imaginemos o caso da Fig. 25 e vejamos como se determina o erro:—Façam se duas observações, uma com o limbo vertical á esquerda do observador e outra com elle á direita, apontando para um ponto distante e registando as leituras.

Na primeira posição, lido um dos nonios, obteve-se L_1. Leve-se a girar de 180º a alidade e aponte-se de novo a luneta para *p;* obtida no mesmo nonio a leitura L_2, a posição vertical da luneta corresponderá evidentemente á graduação $\frac{L_1 + L_2}{2}$.

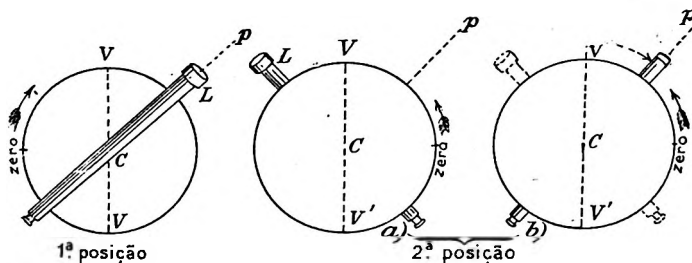



Fig. 25

Havendo no instrumento disposição especial que permitta acertar convenientemente o zero do nonio do vertical, proceder-se-ha a essa correcção; no caso contrario, o conhecimento d'aquelle valor $\frac{L_1 + L_2}{2}$ nos servirá para fixar as posições vertical e horisontal do eixo optico da luneta.

NOTA.— Todas as operações de rectificação são, mesmo nos theodolitos menos importantes, executadas delicadamente para se não destruirem os resultados das operações feitas anteriormente, segundo a ordem prescripta. Sempre que os parafusos tenham contra-porcas, é preciso attender a ellas antes de executar os movimentos e quando estes estejam concluidos, apertar essas contra porcas sufficientemente.

62 — Alterações nas regras geraes de rectificação em theodolitos especiaes.

I — A rectificação do theodolito de Max, descripto no n.º 55, é feita como foi indicado, por uma maneira geral, no numero anterior. Este theodolito não possue disposição para horisontalisar o eixo secundario; d'ahi a necessidade de attender ao que foi dito no n.º 61 (Nota). Não é possivel, tambem, acertar o zero do nonio (operação 7.ª).

II — Na rectificação do theodolito de Gambey podem seguir-se os preceitos do n.º 61, possuindo este instrumento disposições para proceder a todas as rectificações ahi enunciadas, incluindo a de horisontalismo do eixo secundario, empregando o parafuso P (fig. 22) e a de acertar o zero do nonio do vertical, usando o systema P' de parafusos de pressão e ajustamento.

III — Nos theodolitos onde a luneta assenta sobre collares e tem, portanto, nivel ligado a ella, completo que seja o verticalismo do eixo principal (operações 1.ª 2.ª e 3.ª do numero 61), procederemos ás seguintes operações, pela ordem indicada:

a) Centralisação do eixo optico. Apontada a luneta para um ponto distante bem visivel, a falta de coincidencia dos eixos geometrico e optico (n.º 20) originará o affastamento do ponto visado do cruzamento dos fios, quando se dê um movimento de rotação ao oculo em torno do seu eixo geometrico, então confundido com o eixo dos collares. (n.º 21).

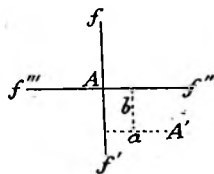



Fig. 26

Supponhamos que, dada uma rotação de 180º á luneta em torno d'aquelle eixo, a imagem do ponto visado se deslocou de A para A', fig. 26, sendo ff' o fio vertical e $f''f'''$ o horisontal (central). Manobrando os parafusos lateraes do reticulo, levaremos a imagem a a, a meia distancia de A' ao fio vertical; com o auxilio dos parafusos superior e inferior do mesmo reticulo, obrigaremos a imagem a projectar-se em b, ponto que divide ao meio a distancia de a a $f''f'''$. Aponte-se de novo a luneta para o ponto escolhido, dando de-

pois nova rotação ao oculo em torno do eixo geometrico e procedendo como foi indicado. Depois de algumas tentativas, consegue-se o fim desejado, servindo de verificação o giro completo da luneta em torno do eixo dos collares.

Fica, por esta fórma, estabelecida praticamente a coincidencia dos eixos optico e geometrico, ou, o que é o mesmo, dada a condição de construcção: a coincidencia dos eixos optico e o dos collares.

b) Collocar o eixo do nivel ligado á luneta, no plano vertical passando pelo eixo optico ou em um plano parallelo. Empregando o parafuso de ajustamento do vertical, leve-se a meio a bolha d'aquelle nivel. Dê se depois um movimento limitado de rotação ao oculo em volta do seu eixo geometrico, primeiro para a direita e depois para a esquerda ou vice-versa; conservando-se a bolha do nivel invariavelmente entre os mesmos traços da graduação do vidro, fica satisfeita a condição; aliás, afrouxando um dos parafusos lateraes que existem em uma das extremidades do nivel e apertando o outro, consegue-se, depois de algumas tentativas, a immobilidade da bolha durante o pequeno movimento do oculo.

c) Estabelecer o parallelismo entre o eixo do nivel ligado á luneta e o eixo optico. O preenchimento d'esta condição da qual resulta, quando o nivel estiver calado, a linha de mira ser horisontal, consegue se da maneira seguinte: abertos os collares do oculo, calado rigorosamente o nivel por meio do parafuso de ajustamento do vertical e fixando todo o systema do instrumento, levanta-se o oculo com muito cuidado, assentando o de novo com a ocular e a objectiva invertidas. Se não ha desvio da bolha, dá-se o parallelismo desejado; no caso contrario, metade do desvio é corrigida pelo parafuso de ajustamento do vertical e a outra pelos parafusos de rectificação do nivel.

—Depois das operações *a), b)* e *c)*, anteriormente executadas, seguem-se as demais, 4.ª a 7.ª indicadas no n.º 61, com excepção da 6.ª por inutil e dispensando se na ultima, as observações conjugadas para determinação da leitura do limbo vertical, correspondente á posição horisontal da luneta, por isso que essa leitura se obtem immediatamente calando o nivel ligado ao oculo.

—O theodolito de Troughton sendo do systema de luneta assente sobre collares e com nivel ligado a ella, é rectificado procedendo como se disse n'este numero. Tem disposições para corrigir a inclinação dos montantes e acertar o zero do nonio com o do limbo vertical. Para a correcção da falta de perpendicularismo entre o eixo dos collares e o de rotação, não possue o theodolito disposição propria.

63—Determinação do valor angular das divisões dos niveis.— A falta de conhecimento d'esse valor ou ainda a vantagem de proceder a uma verificação nos niveis de instrumentos novos, póde levar-nos á necessidade de procurar o elemento desejado, empregando o theodolito. Se se trata de um nivel ligado directa ou indirectamente á alidade azimuthal e disposto parallelamente ao circulo vertical, consegue-se a avaliação, procedendo da fórma seguinte: Colloque-se o oculo normalmente á posição de dois parafusos nivelantes e com o terceiro leve-se a bolha a um dos extremos do vidro. Aponte-se a luneta para um ponto affastado e faça-se a leitura de um dos nonios do vertical, registando conjunctamente a media das leituras correspondentes ao extremo da bolha. Empregando ainda o terceiro parafuso nivelante, leve-se a bolha á outra extremidade do tubo e visando de novo o ponto affastado, registem-se as leituras do nonio do vertical e dos extremos da bolha na actual posição. A differença das duas leituras obtidas no nonio, dividida pelo numero de divisões percorridas pelo centro da bolha, dá o valor angular.

Qualquer outro nivel poderá agora ser estudado com mais facilidade, collocando-o no prato azimuthal e comparando-o com o já observado.

64 — Medições de augulos com o theodolito. — Considerada a distancia angular entre dois pontos, tomada de um terceiro ponto onde esteja montado e rectificado o theodolito, poderemos, com este instrumento, proceder á medição d'essa distancia por qualquer dos methodos seguintes:

Medição simples: Apontando a luneta para cada um dos pontos considerados e obtendo pelas leituras do limbo conveniente a distancia angular entre elles.

Repetição: Observando seguida e repetidamente o mesmo angulo, a partir de um certo ponto da escala e n'um certo sentido, tomando para ponto de partida de cada medição simples o fim da medição anterior. Conhecidas as leituras inicial e final, unicas que é necessario registar, o valor que se procura é evidentemente egual á differença d'essas leituras dividida pelo numero de medições simples feitas.

Reiteração: Observando o mesmo angulo n'um sentido e n'outro e a partir de origens submultiplas da circumferencia do limbo; tem-se assim um certo numero de angulos simples e o valor a adoptar é a media de todos elles.

65 — Medições simples.

a) *No plano horisontal.* E' de simples intuição o que ha a fazer: Supponddo rectificado o theodolito ou pelo menos realisadas as condições fundamentaes de que fallamos no n.º 59, aponta-se a luneta para um dos pontos considerados e regis-

tam-se as leituras dos nonios do azimuthal (o ajustamento da pontaria feito com o respectivo parafuso). Aponte-se depois o oculo para o outro ponto, fazendo o registo das novas leituras obtidas. O valor do angulo é obtido como se indica no seguinte exemplo:

	Nonio voltado para o observador	Nonio opposto
Pontaria ao ponto da esquerda	14° 20′ 10″	194° 20′ 20″
» » » » direita	56 30 20	236 30 40
	42 10 10	42 10 20

Valor do angulo media: 42° 10′ 15″

b) *No plano vertical.* As medições feitas com o theodolito n'esse plano, quasi se resumem á determinação dos valores das distancias zenithaes ou alturas de pontos considerados. Suppondo o eixo principal verticalisado e conhecida a leitura do limbo vertical correspondente á pontaria {parallela / perpendicular} a esse eixo, a simples pontaria para um dado ponto escolhido, nos fornecerá facilmente a sua {distancia zenithal / altura}.

Se o eixo tem alguma inclinação no plano da observação, o que se avalia pelo nivel parallelo a esse plano, o angulo d'essa inclinação deve ser considerado como correcção á distancia zenithal, attendendo ao signal d'essa inclinação (n.° 59 *b*). Tambem aqui é conveniente considerar separadamente os dois nonios.

NOTA. — Se a luneta é excentrica em relação ao instrumento, os angulos medidos no plano horisontal vem geralmente errados, por isso que não correspondem ao centro do theodolito.

Estas e outras causas d'erro não podem por modo algum recommendar uma medição simples, quando se queira um valor bastante aproximado de uma dada distancia angular.

66 — Methodo de repetição. — Para se effectuar a repetição, é necessario que os instrumentos satisfaçam ás seguintes condições: 1.° o limbo e o oculo devem poder girar juntos em torno do eixo commum; 2.° o oculo, arrastando comsigo a alidade que lhe anda invariavelmente annexa, deve poder girar em torno do mesmo eixo, conservando-se fixo o limbo. Possuem ainda alguns theodolitos que podem repetir angulos — theodolitos que por esse facto se chamam *repetidores* — um segundo oculo, luneta astronomica, conhecido pelo nome de *fiel*, disposto geralmente no eixo do joelho e que serve para prevenir o observador de qualquer deslocamento do instrumento, inconveniente á operação.

O theodolito de Troughton é repetidor no plano horisontal, por isso que tem disposição para, trabalhando com o limbo azimuthal, poder satisfazer as duas condições acima expostas (Vide Fig. 23).

Com o theodolito de Gambey podemos repetir em qualquer dos planos horisontal e vertical, por isso que os systemas de parafusos p e P' (Fig. 22) nos permittem realisar as condições necessarias.

a) *Repetição de um angulo no plano horisontal.* Supponhamos, Fig. 27, A e B os dois pontos escolhidos e O o centro do instrumento. Pretende-se repetir o angulo AOB:

Dirija-se a luneta para o ponto da esquerda A, suppondo que a graduação corre no sentido do movimento dos ponteiros de um relogio; aponte-se o oculo fiel, havendo-o, de modo a enfiar o mesmo ponto A ou outro qualquer a grande distancia e bem visivel; registe-se a leitura do nonio do azimuthal. Solte-se depois a alidade e dirija-se a luneta para o ponto B da direita. Teremos assim uma primeira medição simples, convindo verificar se o oculo fiel continua apontado para a referencia escolhida. Aperte-se depois a alidade ao limbo e gire-se com o systema até levar a luneta a apontar para A, levando tambem o oculo fiel ao mesmo ponto de referencia, outra vez pelos seus parafusos, visto elle se ter deslocado com o movimento do systema.

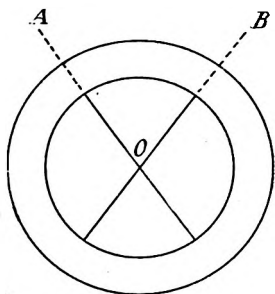



Fig. 27

Feitas, pela forma indicada, n medições simples e registada a leitura do mesmo nonio do azimuthal na ultima, poderemos achar um valor muito aproximado do angulo AOB, fazendo a differença das leituras inicial e final e dividindo-a por n.

E' conveniente considerar separadamente os dois nonios para tomar a media dos valores obtidos por cada um d'elles.

NOTAS. — E' evidente que este methodo pode ser applicado, observando umas vezes n'um sentido do movimento da luneta, outras no sentido opposto e ainda com ella ora á direita, ora á esquerda.

— Quando se empregue um theodolito de luneta excentrica, é necessario que o numero de repetições seja par; assim

se conseguirá eliminar do resultado final o erro de excentricidade do oculo.

— Se designarmos respectivamente por $\pm e_g$, $\pm e_l$, $\pm e_p$ os erros de graduação, leitura e pontaria, esses erros ficarão reduzidos a: $\pm \frac{e_g}{n}$; $\pm \frac{e_l}{n}$; $\pm \frac{e_p}{\sqrt{n}}$ [1], depois de effectuadas n repetições e portanto o erro total de uma observação simples terá por valor;

$$\pm \frac{e_g}{n} \pm \frac{e_l}{n} \pm \frac{e_p}{\sqrt{n}}$$

parecendo assim que a precisão será tanto maior quanto maior fôr n; na pratica, porém, tal não succede, porque ha a contar com outros erros, embora menos importantes, como o arrastamento do limbo, tempo perdido dos parafusos, etc., erros que não são attenuados pela repetição. Mostra a experiencia que, depois de um certo limite, a aproximação cessa de augmentar.

b) Repetição de um angulo no plano vertical. Procede-se de modo identico ao dos angulos horisontaes; devem, portanto, o eixo horisontal, o limbo vertical e respectiva alidade, ser dispostos de maneira que permittam a repetição.

E' o angulo duplo da distancia zenithal o que se obtem com a unica medida, invertendo a luneta como foi dito no n.º 61 (operação 7.ª); tomando depois para origem da segunda medida o ponto de chegada da primeira, obteremos o quadruplo d'aquella distancia e assim seguidamente. A unica condição instrumental é, como no caso dos angulos horisontaes, que o ponto de partida de uma medida seja rigorosamente o de chegada da precedente e para isso seria necessario que, fazendo mover o oculo com os dois circulos para passar de uma posição á seguinte, o systema ficasse immovel; ora n'este movimento é muito difficil evitar que se desloquem os eixos e as suas munhoneiras, cujo contacto não é perfeito.

A maioria dos theodolitos portateis tem o limbo vertical ligado invariavelmente ao eixo secundario; d'ahi a impossibilidade de repetir um dado angulo como foi dito.

---

[1] Sendo $\pm e_p$ o erro de pontaria para uma observação simples do angulo, o erro correspondente ao valor d'esse angulo, feitas n repetições, será (nota a pag. 6): $e_p \sqrt{n}$ e portanto, adoptada a media, o erro de pontaria em tal caso, será, ainda para uma observação simples: $\pm \frac{e_p \sqrt{n}}{n} = \pm \frac{e_p}{\sqrt{n}}$.

Em taes instrumentos apenas conseguiremos uma dupla repetição, obtendo a distancia zenithal de um dado ponto pela semi-differença das duas leituras de um mesmo nonio do vertical nas duas posições da luneta (Fig. 25), convindo tambem, considerar separadamente os dois nonios, para tomar a média dos valores obtidos.

Permittem ainda alguns theodolitos não repetidores no plano vertical, a chamada *repetição multipla:* — collocada a luneta na direcção de um dos parafusos nivelantes e podendo n'essa posição ser apontada para o ponto considerado, tendo ainda a luneta nivel ligado a ella ([1]), pode-se repetir o angulo d'elevação ou depressão d'esse ponto, escolhido não muito afastado do horisonte, recorrendo ao parafuso nivelante na direcção do qual se collocou o oculo. Para isso, calado o nivel da luneta e registada a leitura do nonio no limbo vertical, dirija-se o oculo para o ponto considerado, manobrando o parafuso de ajustamento d'esse limbo. Effectuada a pontaria, cale-se de novo o nivel manobrando convenintemente o parafuso nivelante.

Succedem-se, pela forma indicada, as seguintes operações, até ao numero possivel de repetições, numero que será evidentemente augmentado sempre que no começo tenhamos o cuidado de levar o parafuso nivelante á posição opposta ao sentido do movimento a imprimir-lhe.

67 — Methodo de reiteração. — Para se effectuar, de uma maneira completa, a reiteração, é necessario que o limbo possa ter movimento de rotação, fixando-se em qualquer posição, afim de, por esta forma, ser possivel a mudança de origem de contagem dos arcos. D'aqui se conclue que todo o theodolito repetidor é tambem reiterador.

a) *Reiteração de um angulo no plano horisontal.* — Theodolitos ha que, sem serem propriamente reiteradores, permittem a reiteração no plano horisontal, em dadas condições. Com disposições accessorias e até mesmo recorrendo a um simples expediente, se consegue mudar a origem de contagem, dando certas rotações ao limbo azimuthal. Citaremos: a disposição adaptada ao theodolito de Max que hoje possue a Escola Naval (nota ao n.º 55) e o expediente que consiste na inversão dos pés dos tres parafusos nivelantes sobre a base de apoio. Resume se aquella disposição n'um annel horisontal de latão que assenta sobre o tripé a que superiormente encosta pela pressão dos parafusos do joelho, tendo, comtudo, a necessaria folga para poder girar no seu plano e n'um sentido ou n'outro.

([1]) Como no theodolito de Troughton

Reportando-nos, agora, á Fig. 27, imaginemos que se dirigia a luneta para *A*, fazendo o ajustamento da esquerda para a direita, apontando depois o oculo fiel para o mesmo ponto ou para outro distante e bem visivel. Firmando o instrumento com os oculos n'essas direcções, faça-se a leitura do nonio do azimuthal; solte-se depois o circulo alidade, vise-se com a luneta o ponto da direita e, executada rigorosamente a pontaria, por ajustamento no sentido anteriormente indicado, leia-se o mesmo nonio do azimuthal, convindo verificar pelo oculo fiel se não houve arrastamento do limbo.

Teremos assim, pela differença das leituras, um primeiro valor do angulo. Continue-se ainda a mover a luneta um pouco para a direita e depois em sentido contrario para a dirigir novamente ao ponto da direita, em cuja posição se lê o nonio, feito o ajustamento da direita para a esquerda; em seguida aponte-se para *A*, ajustando no mesmo sentido e depois de verificar, pelo oculo fiel, que não houve arrastamento do limbo, leia-se o nonio. A differença das duas leituras dará um novo valor ao angulo *AOB*.

Consideremos agora d'uma maneira geral que se pretendiam fazer reiterações nas medidas de alguns angulos em torno de um ponto central de estação do theodolito. Tomemos um d'esses pontos, sufficientemente afastado e bem visivel, como inicial das pontarias; a esse ponto chamaremos *marca*.

Supponhamos ainda o limbo graduado no sentido do movimento dos ponteiros de um relogio.

Para proceder ás reiterações por uma serie de medições como as anteriormente descriptas, estudemos em separado os possiveis giros, isto é, as rotações completas da alidade n'um sentido ou n'outro e com o circulo vertical em cada uma das posições, direita e esquerda, relativas ao observador voltado para o instrumento.

1) giro directo progressivo: Chamaremos assim ao giro executado com o limbo vertical á esquerda e no sentido em que corre a graduação, isto é, da esquerda para a direita.

Aponta-se com a luneta para cada um dos pontos a começar na marca, registando as leituras do nonio, até voltar á mesma marca, onde se procede a nova leitura. Os ajustamentos, como dissemos, feitos da esquerda para direita. Segue-se ainda um pouco para a direita da pontaria inicial, afim de dar começo ao giro seguinte 2).

2) giro directo retrogrado: Ainda com o limbo vertical á esquerda, mas no sentido contrario ao de 1).

Aponta-se para a marca e repete-se toda a operação 1) em sentido inverso, até passar para a esquerda da mesma marca.

3) giro inverso progressivo: Dá-se uma rotação de 180° á

alidade de modo a ficar á direita o limbo vertical e repete-se pela mesma ordem a operação 1).

4) giro inverso retrogrado: Ainda com o limbo vertical á direita, repetem-se as operações como em 2).

NOTAS.— E' conveniente considerar separadamente cada um dos nonios, afim de eliminar os erros de excentricidade e graduação (n.º 58).

— Se, como no caso do numero anterior, designarmos respectivamente por $\pm e_g$, $\pm e_l$, $\pm e_p$ os erros de graduação, leitura e pontaria, affectando a medida simples de um angulo, a somma das *n* medidas parciaes será affectada dos erros totaes, (nota a pag. 6):

$$\pm e_g \sqrt{n} \qquad \pm e_l \sqrt{n} \qquad \pm e_p \sqrt{n}$$

No calculo da média, os erros totaes achando-se divididos por *n*, o angulo medio virá affectado dos erros seguintes:

$$+ \frac{e_g}{\sqrt{n}} \qquad + \frac{e_l}{\sqrt{n}} \qquad \pm \frac{e_p}{\sqrt{n}}$$

Concluidos os quatro giros, temos assim, para uma mesma origem de contagem, quatro valores para cada angulo medido. Consideradas *m* origens e effectuados os giros possiveis, teremos *4m* valores para cada uma das distancias angulares medidas.

E', como já dissemos, pelos deslocamentos do limbo, que se consegue a mudança de origem, procedendo ás medições em differentes regiões da escala. Quanto ás origens adoptadas, veja-se o que é dito no n.º 69.

b) Reiteração de um angulo no plano vertical. — Como já dissemos no n.º 66 *b)*, a maioria dos theodolitos portateis tem o limbo vertical ligado invariavelmente ao eixo secundario; não se pode, portanto, reiterar com elles os angulos verticaes. Teremos, pois, de recorrer á repetição por qualquer dos processos: dupla repetição ou repetição multipla, estudados n'aquelle numero.

68 — Comparação dos methodos de repetição e de reiteração. — Sob o ponto de vista da precisão, a repetição parece theoricamente mais vantajosa, por isso que os erros de graduação e de leitura são respectivamente reduzidos de $\frac{1}{n}$ e $\frac{1}{\sqrt{n}}$ em cada um dos methodos acima apontados; mas, no que respeita a erros de graduação, essa vantagem do primeiro me-

thodo é apenas apparente. Com effeito, os erros de graduação dos limbos comprehendem uma parte systematica e outra accidental; ora a parte systematica é compensada na reiteração, por isso que ha symetria nas leituras, ao passo que na repetição a unica leitura final pode ser feita exactamente sobre a parte do limbo em que o erro systematico attinge o seu valor maximo. Por outro lado, o methodo de repetição suppõe que as duas medições successivas de um mesmo angulo se ajustam exactamente, o que nem sempre succede, podendo haver uma ligeira alteração devida a causas, taes como: o tempo perdido do parafuso de ajustamento, etc.

A principal vantagem, porém, do methodo de reiteração sobre o outro, está na economia de tempo, por isso que o primeiro se executa com menor numero de pontarias; assim: se suppozermos, por exemplo, que são em numero de N os pontos a visar e que se pretendem n repetições ou reiterações dos angulos entre as direcções para esses pontos, teremos:

Empregando o methodo de repetição ... 2 N n pontarias
» » » » reiteração .. (N + 1) n » [1]

o que dá:

$$2 N n - (N + 1) n = n (N - 1)$$

para economia no numero de pontarias feitas, empregando a reiteração. Se fizermos, por exemplo, tres reiterações nas distancias angulares entre as direcções para dez pontos, teremos de empregar menos 27 pontarias do que se usassemos o methodo de repetição.

69 — Conclusões sobre o emprego dos methodos de repetição e reiteração nos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia. — Das considerações feitas concluimos extraordinarias vantagens no emprego das reiterações; o methodo respectivo será por nós exclusivamente empregado nos trabalhos topographicos que servem de base á hydrographia propriamente dita. Quando em taes trabalhos desejarmos bastante rigôr, poderemos adoptar, nas medições angulares no plano horisontal, tres reiterações começando respectivamente em 0°, 100°, 200°, incluindo cada reiteração os quatro giros possiveis (n.° 67). Os angulos serão, portanto, dados pela média de doze valores.

[1] Note-se que nas reiterações se volta á marca em cada giro executado; portanto, as pontarias correspondentes serão em numero de (N + 1).

Nos trabalhos vulgares serão sufficientes duas reiterações tendo por origens as divisões 0° e 100°, incluindo-se em cada reiteração o giro directo progressivo e o inverso retrogrado. Isso bastará para correcção dos erros de excentricidade da luneta, collimação e falta de horisontalismo do eixo secundario, arrastamento e reacção dos parafusos.

O problema pode ainda simplificar-se nos trabalhos expeditos, adoptando as duas reiterações de origens 0° e 100°, correspondendo a uma o giro directo progressivo e a outra o inverso retrogrado.

Tratando-se de medições no plano vertical, como são na essencia as determinações das distancias zenithaes de pontos considerados, é o methodo de dupla repetição aquelle que mais geralmente empregaremos, porque é o unico accessivel á maioria dos theodolitos topographicos.

NOTA. — Quando o theodolito tenha as necessarias qualidades de reiterador, convirá adoptar origens exactamente submultiplas da circumferencia, o que facilita as operações; quando, porém, o instrumento não possua todas as qualidades proprias para a completa applicação do methodo, podemos buscar apenas aproximadamente as origens consideradas.

70 — Applicações do theodolito como goniometro. — Nas operações propriamente topographicas e ainda em outras subsidiarias da topographia, pode o theodolito, na sua missão de goniometro, dar não só as coordenadas zenithaes de qualquer ponto terrestre, mas ainda fornecer os valores d'essas coordenadas tratando-se de astros. No estudo feito nos dois numeros seguintes e relativos ás applicações do theodolito como goniometro, consideramos separadamente as observações para pontos terrestres e observações astronomicas.

71 — Observações com o theodolito para pontos terrestres e respectivos registos.

1.°) Angulos horisontaes. E', como dissemos, geralmente empregado o methodo de reiteração, bastando duas reiterações tendo por origens 0° e 100°, correspondendo a cada origem dois giros: o directo progressivo e o inverso retrogado. E' evidentemente necessario que o *ponto de mira*, isto é, o ponto visado, seja sempre o mesmo.

—O registo das observações azimuthaes pode ser feito n'um modelo como o que adeante apresentamos (modelo *A*), designando-se respectivamente por *G D P* e *G I R* os dois giros considerados.

NOTAS. — Tratando-se de medições de angulos no plano horisontal e adoptada a reiteração, é conveniente ter em consideração o seguinte:

— E' tolerada nos theodolitos vulgares uma differença até

2' entre a primeira e a ultima pontaria á marca em cada giro;

—se a marca estiver a mais de um kilometro, as pontarias a este signal nas duas posições invertidas da luneta, não devem differir de mais de 3';

— é preciso attender amiudadas vezes aos niveis, manobrando os parafusos nivelantes no fim de cada giro, sendo preciso;

— deve-se estabelecer bem a tiragem do tubo porta-reticulo ou tubo grande para as differentes pontarias, afim de evitar a parallaxe dos fios;

— nomeadamente quando o parafuso ajustante não tiver mola antagonista, é preciso não esquecer que se devem fazer os ajustamentos sempre no mesmo sentido, em cada giro.

A simples inspecção do registo dispensa qualquer outra elucidação.

— Na columna (11) se registam todas as circumstancias que possam interessar as medições. Em occasião opportuna citaremos as mais importantes.

— Para facilidade de registo dos elementos obtidos em cada uma das reiterações, bastará escrever por uma só vez e na columna (4) os graus da medição respectiva; nas demais columnas será sufficiente a escripturação dos minutos e segundos.

2.º) *Distancias zenithaes.* E', como dissemos no n.º 66 *b)*, o methodo de dupla repetição, o mais empregado, tratando-se de medições no plano vertical. As pontarias são dirigidas a pontos chamados *de mira* e que sejam bem definidos em altura.

O registo das observações zenithaes pode ser feito, empregando o *modelo B* adeante apresentado.

Servindo, em geral, as determinações de distancias zenithaes ou altura dos pontos terrestres, para o calculo das differenças de altitude entre esses pontos, torna-se necessario registar não só a elevação do theodolito sobre uma dada referencia adoptada (registo feito em *(a)* no modelo *B*), como ainda conhecer a altura do ponto de mira sobre o logar a que mais tarde referimos os resultados das observações; é para registo d'essa altura que se reserva a columna (3). [1]

O conhecimento da temperatura e pressão barometrica, elementos registados em *(b)* no modelo B, interessa ao calculo, porque com taes elementos nos habilitamos a fazer as correcções de refracção indispensaveis para obter o valor da distancia zenithal ou altura verdadeira.

---

[1] Todos estes assumptos serão, em occasião opportuna, sufficientemente desenvolvidos.

Modelo A

Registo de observações azimuthaes

Instrumento .... Estação .... Observador ....

(*a*) Distancia ao centro ....

(*a*) Direcção ao centro: GDP .... / GIR

(*a*) Direcção magnetica ao centro ....

Data ... de .... de 19.. Calculador ....

Estado da atmosphera ....

Logar observado	Ponto de mira	Origem da reiteração	GDP (limbo á esquerda)			GIR (limbo á direita)			Direcção azimuthal media	Annotações
			Leituras dos nonios		Medias das leituras	Leituras dos nonios		Medias das leituras		
			nonio I	nonio II		nonio II	nonio I			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Marca		0^0 100^0								
A (———)		0 100								
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(*a*) Estes elementos servirão para calculo dos angulos ao centro (Vidè n.º 75—Notas).

Modelo B

Registo de observações zenithaes

Instrumento .... Estação .... Observador ....

(a) { Elevação do instrumento sobre a referencia .... Data ..... de .... de 19 ..... Calculador ....

(b) { Temperatura .... Pressão barometrica ....

Logar observado	Ponto de mira	Altura do ponto de mira sobre a referencia	Dupla repetição				Dobro da distancia zenithal ou altura		Valor medio da distancia zenithal ou altura	Annotações
			limbo á esquerda		limbo á direita					
			nonio E	nonio D	nonio E	nonio D	por (4) e (6)	por (5) e (7)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
A (......)										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

72 — Observações astronomicas com o theodolito e respectivos registos. [1]

1.º) *Angulos horisontaes.* Servem, em geral, os theodolitos para resolução do seguinte problema: — Determinado o angulo entre as direcções para um ponto terrestre e para um astro, e obtido o valor do azimuth verdadeiro do astro no momento da observação, achar o azimuth da direcção para o ponto terrestre considerado.

Como as direcções para o astro teem de ser acompanhadas do tempo correspondente á passagem do mesmo astro no fio vertical central, é conveniente, em cada uma das posições da luneta, fazer seguidamente tres pontarias. Dois casos geraes se podem dar:

a) *Astros sem diametro apparente.* Em cada um dos dois giros oppostos, directo progressivo e inverso retrogrado, é necessario observar tres contactos do astro com o fio vertical e o mais proximo possivel do cruzamento dos fios, esperando esses contactos e notando os tempos correspondentes n'um chronometro ou relogio regulado. A media dos tempos em cada serie de tres pontarias ao astro, corresponde geralmente á direcção media, se as observações forem seguidamente feitas.

b) *Astros com diametro apparente.* E' conveniente observar, n'um dos giros, tres contactos de um limbo e no giro opposto outros tres contactos do outro limbo e segundo uma ordem natural, isto é, no giro directo o limbo esquerdo (na luneta) [2] e no inverso o direito.

Os contactos devem ser feitos com o fio vertical e o mais proximo possivel do cruzamento dos fios, esperando esses contactos e notando os tempos correspondentes n'um chronometro ou relogio regulado.

A media dos tempos em cada serie de tres pontarias ao mesmo limbo, corresponde geralmente á direcção media, se, como dissemos no caso anterior, as observações forem seguidamente feitas.

Se um dos limbos se aproxima do fio vertical, o outro, em egualdade de collocação, affasta-se do mesmo fio, o que constitue um modo facil de verificar se as duas series são feitas com pontarias a limbo differente.

Observando-se, nos casos geraes, o sol, é quasi sempre necessario usar de vidro córado na ocular e é indispensavel

---

(1) Para complemento d'estes estudos, veja-se no livro III a parte relativa a «Determinações por processos astronomicos».

(2) Se a luneta inverter as imagens, attenda-se a que o limbo esquerdo visto na luneta será, realmente, o direito.

proteger, quanto possivel, o instrumento dos raios directos do astro. Bôa pratica é a de empregar uma antepara de cartão por onde possa passar a objectiva e que proteja tambem os parafusos nivelantes da base.

— O registo das observações astronomicas com o theodolito e relativas a angulos no plano horisontal, pode ser feito n'um modelo como o *A*. apresentado a pag. 70, para os pontos terrestres, fazendo-se n'esse modelo as seguintes alterações:

— Na columna (1), se se observar um astro com diametro apparente, designaremos pelos signaes |○ ou ○| o limbo visto na luneta em relação ao fio vertical.

— Na columna (2) se registam as horas dos contactos, convindo separa-las por grupos correspondentes a cada giro.

NOTAS. — Se a observação fôr feita fóra do centro, dever-se-ha fazer o registo das medições para a respectiva reducção que será tratada no n.º 75.

— E' necessario verificar se a luneta inverte ou não, para se saber qual o limbo realmente observado.

2.º) *Distancias zenithaes ou alturas*. Raros serão os casos em que o official de marinha tenha de recorrer ao theodolito para obter distancias zenithaes ou alturas de astros. Os theodolitos vulgares dão menor aproximação nas suas marcações do que o sextante, tratando-se de observações no plano vertical; pode, comtudo, dar-se o caso de haver a operar com alturas excedendo os limites da graduação dos sextantes e, n'esse caso excepcional, haverá o recurso do theodolito. Para as pontarias é agora aproveitado o fio horisontal central, devendo o contacto ser feito quanto possivel proximo do cruzamento dos fios.

No caso do astro ter diametro apparente de pequeno valor, as pontarias podem fazer-se limitando o disco luminoso; quando, porém, o astro tenha grande diametro, deve-se observar separadamente cada limbo, superior e inferior, conforme são vistos na luneta.

Se se trata de estrellas, pode-se observar, com muito cuidado, um grupo de duas alturas na posição directa e outro, logo a seguir, na inversa.

Se se trata do sol, é conveniente observar um só contacto em cada posição da luneta: por exemplo, o do limbo superior na posição directa; o do inferior na inversa. A divergencia no sentido dos movimentos do astro visto atravez da luneta, relativos ao fio horisontal, pode servir de prova a havermos nos dois contactos attendido a differente limbo.

O modelo de registo a pag. 71 (modelo *B*), pode servir-

nos para as observações astronomicas de distancias zenithaes ou alturas, escrevendo na columna (1) o limbo observado, na (2) as horas do chronometro e na (3) as medias necessarias d'essas horas.

73 — Difficuldade das observações com o theodolito. — As observações com os theodolitos mais perfeitos, onde para se chegar ao rigôr dado pelos seus microscopios, se tem de proceder com uma grande delicadeza e precisão, são, sem duvida, de uma extrema difficuldade, e observadores ha que nunca poderão dar bons elementos n'essas observações, até mesmo quando possuam grande pratica em trabalhos com taes instrumentos.

Com os theodolitos topographicos vulgares já assim não succede; com estes, qualquer pessoa habituada a manejar outros instrumentos e sobretudo o official de marinha, pode até com pouca pratica, realisar trabalho aproveitavel, attendendo aos fins a que as respectivas observações podem ser destinadas.

74 — Pôr o theodolito em estação e transporte do instrumento. — Diz-se que um theodolito está *em estação* n'um dado logar, quando, montado e rectificado, tem o seu centro na vertical do logar considerado. Consegue-se esse fim, procedendo da forma seguinte:

Colloca-se o tripé proximamente no ponto em que se deseja estacionar, rectificando depois mais precisamente a posição com um fio de prumo suspenso do theodolito e confundindo-se com a vertical do centro do instrumento; enterram-se, então, convenientemente os pés do tripé, procurando o proximo horisontalismo do limbo azimuthal. Restará proceder ás rectificações do instrumento.

Se o logar é ao sol, ha necessidade de preservar o theodolito dos raios solares, armando um chapeu abrigo. Se depois de concluidas as medições a fazer com o instrumento, houver necessidade de deixar marcado o logar de estação, poderemos fazel-o, enterrando no ponto do solo em que se projecta o fio de prumo, uma estaca ou prego de galeota, conforme a natureza do terreno. Um simples signal gravado no solo, poderá servir para o mesmo fim, quando o terreno seja muito resistente.

Operando com um theodolito topographico vulgar, o transporte do instrumento de estação para estação pode ser feito, conservando-o montado no tripé e conduzindo-o verticalmente sem lhe causar estremecimentos maiores do que os devidos ao caminhar. Deverá o instrumento ir abrigado do sol, chuva ou poeiras.

Sendo o instrumento bom, bastará, depois de rectificado

no começo do trabalho diario, verticalisar o eixo principal em cada outra estação, sobretudo nas observações de angulos horisontaes.

Ainda quando o transporte seja feito na caixa onde se guarda o instrumento, convem usar de todos os cuidados na conducção.

75—Reducção de um angulo ao centro.—Frequentes vezes acontece, especialmente operando com o theodolito, não ser possivel observar um ou mais angulos horisontaes na vertical de um logar onde elles se requerem. Remedeia se praticamente esse inconveniente, observando em logar proximo e applicando aos angulos medidos uma correcção chamada de *reducção ao centro* que nós determinaremos.

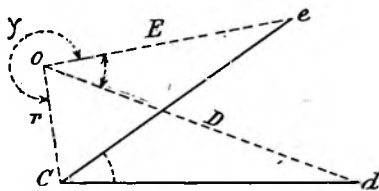



Fig. 28

Seja C, Fig. 28, o logar inaccessivel ao instrumento e onde se requer o angulo C entre as direcções Cd e Ce.

Supponhamos O o ponto proximo de estação do theodolito e onde vamos medir o angulo dOe que representaremos por O. Se chamarmos $\left\{\begin{smallmatrix} E \\ D \end{smallmatrix}\right.$ ás distancias do ponto de estação O aos pontos $\left\{\begin{smallmatrix} e \\ d \end{smallmatrix}\right.$ respectivamente á $\left\{\begin{smallmatrix} \text{esquerda} \\ \text{direita} \end{smallmatrix}\right.$ do observador para elles voltado e designarmos por r a distancia OC e por Y o angulo medido em O a partir da direcção da esquerda, da direita para a esquerda, até encontrar a linha CO, teremos de uma maneira geral:

$$C = O + \frac{r}{\operatorname{sen} 1''} \left[\frac{\operatorname{sen}(O+Y)}{D} - \frac{\operatorname{sen} Y}{E} \right]$$

attendendo na resolução aos signaes dos senos, segundo o quadrante a que pertencem.

Exemplo: No ponto O, Fig. 28, fizeram-se as seguintes observações:

Direcção para	*e*	147° 22′		147° 22′
»	*d*	229 39		
»	*C*			358 59′

$O = 82\ 17 \quad Y = 360 = 211\ 37 = 148°23'$

$Y = 148\ 23$

$O + Y = 230°40'$

São, alem d'isso, conhecidas as distancias r, $Oe = E$. $Od = D$, dadas pelos seus logarithmos. Achar o valor de C?
O typo de calculo é o seguinte:

log. r =	0.332439		0.332439
colog. sen 1" =	5.314425		5.314425
log. sen (O+Y) =	9.888444	— log. sen Y =	9.719525
co log. D =	7.592257	colog. E =	7.433909
log. 1.ª corr.ção =	3.127565	— log. 2.ª corr.ção =	2.800298
1.ª corr.ção =	— 1341"	2.ª corr.ção =	631"

1.ª correcção.....	— 1341"
2.ª »	— 631"
reducção ao centro =	— 1972"
=	— 32'52"
O =	82°17'00"
C =	81°44'08"

NOTAS. — O valor de r é obtido procedendo á medição directa ou indirecta da distancia $C\,O$, por processos adeante indicados.

— Os valores de D e E são em geral aproximados e obtidos como em occasião opportuna se dirá.

— No exemplo anterior, considerámos, para simplicidade, apenas uma direcção azimuthal para cada um dos pontos e, d e C. Suppondo, porém, que nas observações se adoptam os dois giros habituaes, tomadas aquellas direcções em cada giro, teriamos os necessarios elementos para escripturação do registo a pag. 70. A direcção magnetica ao centro, de que ahi se falla (bastando uma aproximação até graus) servir-nos-ha como elemento de orientação, quando o theodolito tenha bussola propria.

— A formula de correcção reduz-se a um só termo no caso em que um dos pontos observado é um astro, porque então a distancia correspondente se pode considerar infinita.

— Na resolução da formula de reducção, podem ser empregados logarithmos só com 5 casas decimaes e mesmo ainda 4, em operações de menor rigôr.

76 — Reducção de um angulo vertical áquelle que seria observado n'um ponto proximo. — As reducções d'este genero que ha a fazer na pratica, são, em geral, de distancias zenithaes relativas a pontos terrestres. Em hydrogra-

phia, raras vezes mesmo, será necessario fazel-as, porque se pode proceder de qualquer dos dois modos:

a) Escolher estação á mesma altura d'aquella onde se não pode observar e na normal á direcção do ponto a visar; a correcção á distancia zenithal será n'estes casos nulla.

b) Como, em regra, as observações de distancias zenithaes de pontos terrestres, são para determinar differenças de altitudes entre o ponto visado e o ponto de estação, poderemos, no caso de não ser possivel estacionar o theodolito n'um dado logar, fazer as observações n'um logar proximo, determinando separadamente as distancias zenithaes do primeiro ponto e do logar inaccessivel.

Pela conveniente combinação dos elementos obtidos se chegará, como em occasião opportuna diremos, ao conhecimento desejado.

NOTA.--Se o ponto de estação do theodolito está no plano vertical da direcção entre os dois pontos dados, a reducção será simplesmente egual a uma reducção ao centro (n.º 75) em que ha a considerar um só termo.

§ 3 — SEXTANTE

77 — Considerações geraes. — Attendendo a que nos estudos de navegação foi descripto o sextante e apresentados os varios systemas hoje em uso, não trataremos d'esses assumptos n'este curso, limitando as nossas considerações a um resumo de preceitos, alguns conhecidos e de conveniente recordação, preceitos que julgamos indispensaveis para ajuizar do rigôr das observações feitas com tal goniometro.

Dão os sextantes distancias angulares em qualquer plano, vantagem extraordinaria que os recommendaria, se causas d'erro proprias os não collocassem em ordem inferior aos theodolitos, tratando-se de trabalhos topographicos de rigôr; podemos, comtudo, desde já affirmar que o sextante presta, sobretudo pela facilidade de funccionamento, um importante auxilio ao official de mar, quando de uma forma expedita queira proceder não só aos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia, como á hydrographia propriamente dita.

Duas circumstancias excepcionaes concorrem no sextante, tornando-o totalmente insubstituivel: a de se não alterar o contacto das imagens directa e reflectida, a despeito dos possiveis movimentos do instrumento no plano de observação, e a de não haver necessidade em cuidar do eixo optico da luneta, servindo os fios do reticulo apenas para limitar o campo do oculo, campo em que se devem de preferencia fazer as obser-

vações dos contactos, especialmente na zona parallela ao limbo graduado.

78 — Erro de parallaxe do sextante e erros instrumentaes de construcção.

a) *Parallaxe do sextante:* erro que se traduz, n'um mesmo instrumento, pelo deslocamento da origem de contagem dos angulos, no limbo, quando varia a distancia ao objecto visado directamente. Resulta esse erro, nos instrumentos de reflexão, do facto de existir um certo intervallo entre os espelhos e é tanto maior quanto mais afastados elles forem. N'um mesmo sextante, a *parallaxe* cresce com a aproximação do objecto visado directamente atravez do espelho pequeno; portanto, convirá escolher pontos muito affastados, quando se queira applicar o instrumento a medições angulares nos trabalhos topographicos.

b) *Erros de parallaxe do nonio, tempo perdido e reacção do parafuso de ajustamento*, manifestados por forma analoga á indicada nos n.os 12, 17, 46 e 47.

c) *Erros de excentricidade da alidade e má graduação do limbo.* Já sobre o assumpto, dissemos o bastante no n.º 58.

d) *Erros resultantes da falta de parallelismo das faces dos espelhos e dos vidros córádos.* Tratando se de espelhos de vidro, os mais geralmente adoptados, a luz incidindo na face anterior é em pequena parte reflectida n'essa face, penetrando a restante no vidro onde se refracta, indo depois reflectir-se na face posterior do espelho, soffrendo, por fim, um desvio á sahida. Se as duas faces não forem parallelas, os raios reflectidos pela superficie anterior e os refractados na emersão não seguem direcções parallelas, produzindo-se, geralmente, uma imagem de contornos mal definidos, defeito que será tanto mais sensivel, quanto maior fôr o angulo de incidencia dos raios de luz. Se pozermos no zero a alidade do sextante, deveremos, em vista das ideias expostas, considerar os defeitos da imagem resultantes da má construcção do espelho pequeno.

Quanto aos vidros córádos, já dissemos o sufficiente no n.º 43; um outro erro, porém, se pode produzir quando haja a empregar, para obter uma dada intensidade de luz, dois ou mais vidros córádos differentes: a falta de parallelismo das faces dos vidros é causa de erro cujos effeitos se manifestam por forma analoga aos de prismatismo em cada vidro.

e) *Defeitos das lunetas*, resultantes de não serem perfeitamente attendidos, na construcção, os effeitos de aberração de refrangibilidade e aberração espherica, como foi dito no n.º 18.

79 — Apontamentos sobre a escolha e exame de um sextante. — Quando queiramos proceder á escolha de um sextante cujas indicações nos possam offerecer o necessa-

rio rigôr, cuidaremos primeiramente de verificar se os erros instrumentaes de construcção são reduzidos ao minimo. Estudados esses erros no n.º anterior e dados ahi alguns elementos para aquelle fim, completemos os nossos conhecimentos com algumas considerações praticas, apontando, por fim, algumas particularidades a que convem attender para que a escolha seja escrupulosamente feita.

A parallaxe do nonio é facilmente reconhecida, deslocando a alidade por sobre o limbo e verificando se é perfeito o ajustamento das superficies em contacto.

Procede-se á verificação da egualdade das divisões da escala, observando se o nonio, em qualquer posição sobre o limbo, abrange o mesmo numero d'aquellas divisões. Um bom sextante deve ainda satisfazer ás seguintes condições:

— o diametro do limbo não deve ser muito pequeno (n.º 58a);

— a escala e nonio de platina;

— a luneta celeste de grande ampliação (pelo menos egual a 6) e a terrestre clara e de grande campo;

— o espelho central bastante comprido;

— os vidros córádos todos da mesma côr com differentes intensidades;

— os parafusos de rectificação dos espelhos, convenientemente resguardados;

— o nonio usando reflector e de natureza conveniente (n.º 15);

— o aço dos espelhos protegido por uma camada de verniz;

— o instrumento não muito pesado.

80 — Erros especiaes do sextante; sua rectificação. — O estudo d'esses erros e sua rectificação, tendo sido feito no curso de navegação, não será por nós aqui repetido; lembremos, comtudo, ainda uma vez, o que foi dito no n.º 78 a respeito de parallaxe do sextante, quando se trate da applicação do valor do index erro.

81 — Applicações do sextante como goniometro. — Pode o sextante, como sabemos, dar distancias angulares entre direcções consideradas em qualquer plano, se bem que mais geralmente as applicações d'esse instrumento como goniometro, se resumam a medições nos planos horisontal e vertical. No estudo feito nos n.ºs 85 e 86 consideraremos separadamente, como fizemos para o theodolito (n.º 70), as observações para pontos terrestres e as observações astronomicas.

Para mais desenvolvimento dos assumptos tratados nos numeros referidos, fallaremos, em primeiro logar, de alguns apparelhos accessorios para aquellas observações, recordando,

ao mesmo tempo, certos principios indispensaveis já estudados no curso de navegação.

82 — Horisontes artificiaes. — Não ha, em hydrographia, uma accentuada razão para se tratar dos differentes processos de obter horisontes artificialmente; por isso nos limitaremos ao emprego dos horisontes de liquido, entre os quaes figuram notavelmente o de mercurio e o de azeite, devendo o primeiro, apezar do preço elevado, facil vibração e oxydação, ser o preferido nas observações de rigôr, principalmente tratando-se de estrellas, por isso que o azeite quando empregado, rouba-lhes grande parte do brilho.

E' o horisonte, propriamente dito, coberto, como sabemos, por um telhado cujos vidros devem ter as faces bem parallelas (n.º 43). Para se annullarem os effeitos de prismatismo, ha disposições em que aos vidros se pode dar uma rotação trocando as faces, havendo ainda horisontes em que a substancia transparente do telhado é de mica, na qual se consegue o rigoroso parallelismo das faces, desapparecendo assim a refracção praticamente inevitavel nas coberturas de vidro, por impossivel fabrico das faces rigorosamente parallelas.

Alem d'essa protecção, pode haver necessidade em estabelecer mais algum abrigo ao vento, com anteparas; a propria caixa do horisonte pode prestar bom serviço. Quando haja vento, é conveniente, ainda, collocar a tina no proprio solo ou sobre alguma construcção bem solida.

Os telhados protegem tambem das poeiras atmosphericas; quando o mercurio tenha impurezas é necessario filtra lo em camurça ou papel, formando um funil de pequeno orificio.

83 — Chronometros; seu exame e escolha. — Limitar-se-hão as nossas considerações a alguns esclarecimentos sobre o exame e escolha dos chronometros, por isso que no curso de chronometria foram descriptos taes instrumentos; apontados os processos de comparação pelo methodo das coincidencias; ensinados os preceitos de regulação e ainda indicados os cuidados especiaes de que convem rodear taes instrumentos, quer na sua installação a bordo, quer ainda na conducção.

Nas considerações que em seguida fazemos, diz-se o que de mais essencial offerece o assumpto, segundo a nossa orientação.

a) Teem sido, modernamente, reduzidos os effeitos da principal causa de variação da marcha dos chronometros — a temperatura — com o emprego das denominadas *compensações auxiliares*, compensações de que, por vezes, se tem abusado. Esta pratica tem levado a preferir, para a navegação, os chronometros que, á custa de taes disposições, apresentam uma

maior constancia de marcha, embora as pequenas variações residuaes não obedeçam a leis de facil definição como as de Lieussou. E', talvez, mais conveniente para as observações de rigôr, o criterio que acceita de preferencia os chronometros que, embora tenham uma maior variação de marcha, obedecem, comtudo, a uma lei simples; essa variação, porém, deverá ser pequena, porque nem sempre se poderá ajuizar bem das causas perturbadoras da marcha.

b) Theoricamente, a grandeza da marcha diaria é sem importancia; mas, na pratica, é conveniente tratar só com marchas de pequeno valor.

c) Apesar de ser relativamente facil evitar em grande parte os effeitos da humidade, é de grande vantagem que as molas espiraes sejam de palladium.

d) Muita attenção se deve prestar ao bom funccionamento do apparelho Cardan, para que o chronometro esteja sempre com o seu mostrador horisontal.

e) E' sempre de grande conveniencia adquirir chronometros que tragam recente certificado de algum exame de confiança, como os que são feitos officialmente em França, onde as exigencias são maiores. Os mais conceituados chronometristas inglezes são aquelles em que se póde depositar maior confiança e os preços dos seus chronometros são muito rasoaveis. E' necessario ter todo o cuidado na escolha de um chronometro, pois que todos os melhores methodos de emprego de um grupo d'estes instrumentos de nada valem, se os chronometros, na sua maioria, não forem bons.

f) Havendo a escolher chronometros para formarem um grupo, é preferivel que cada um seja de autor differente; quanto á compensação, é, como se sabe, recommendado escolher aquelles cuja compensação tenha sido feita para a temperatura media a que teem de ser expostos.

g) Sendo possivel, ha vantagem em ser um chronometro de tempo sideral e outros de tempo medio. Auxilia as comparações entre chronometros regulados pelo tempo medio, a condição de um d'elles dar cinco pancadas em cada dois segundos. E' ainda de toda a vantagem que um dos chronometros seja de corda para 8 dias.

h) Os chronometros devem ter tido oleos novos recentemente; mas não tanto que não tenham podido ser experimentados durante algum tempo.

i) Entre as experiencias a que devem ter sido submettidos os chronometros para uma perfeita escolha, não deve esquecer a das inclinações nos quatro pontos principaes do mostrador.

j) E' prudente não utilisar as indicações dos chronometros senão depois de decorridos oito dias desde a data do seu em-

barque. N'esses oito dias deve-se fazer o estudo conveniente das marchas e reconhecer assim se a influencia do novo meio alterou profundamente o regimen anterior e até se o novo regimen offerece garantias de bons resultados.

84 — Supporte do sextante, improvisado com os recursos de bordo. — Quando se tenha de usar a luneta ce

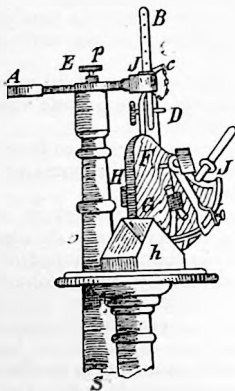



Fig. 29 — Supporte do sextante

ES — Columna supportada por um tripé.
AE — Braço movel em torno de um eixo *E* que pode ser apertado pelo parafuso *p*.
A — Prato onde se podem collocar pesos para equilibrar o do sextante.
J — Extremo do braço *AE*, onde pode correr uma haste *BD* com orificios onde entra uma cavilha *c*.
FG — Estrado onde se installa o sextante, tendo movimentos em torno do eixo *H* e que tambem se pode carregar de contrapezos.

leste de ampliação 12 e nomeadamente nas observações de estrellas ou planetas, ha toda a vantagem em se apoiar o sextante em disposição propria que, mantendo a estabilidade, permitta usal-o como se fosse á mão. Ha varios modos de resolver esta questão pratica, quasi sempre com o fim de servir a um determinado instrumento. A Fig. 29, representa a dis-

posição de um apparelho feito de madeira e de facil construcção a bordo. Os esclarecimentos que em seguida damos, completam o que se pode perceber da inspecção da figura.

O observador senta-se tão commodamente quanto possivel, e, não havendo vento ou trepidação, colloca o horisonte artificial sobre um supporte estavel, o mais proximo possivel do oculo, procurando primeiramente a estrella sem a luneta. As differentes peças moveis do supporte permittem collocar o sextante na posição mais propria, como se servisse á mão.

85 — Observações com o sextante para pontos terrestres.

1.º) *Angulos entre pontos no horisonte.* Podem ser medidos directamente no sextante, quando os arcos correspondentes não sejam, em numero de graus, superiores ao comprehendido no limbo graduado; no caso contrario, os angulos obter-se-hão, tomando um ponto terrestre intermedio e medindo separadamente as distancias angulares cuja somma produz o angulo desejado.

2.º) *Angulos entre pontos no mesmo vertical.* Se se trata de dois pontos terrestres n'essas condições e cuja distancia angular no plano vertical se pretende, póde essa distancia ser dada directamente pelo sextante; se porém desejarmos conhecer a elevação de um só ponto considerado, poderemos obte-la com o auxilio do horisonte artificial, quando essa elevação seja superior a 10º.

3.º) *Angulos horisontaes entre pontos a differentes alturas.* Se os pontos considerados estão a differentes alturas, ao angulo lido no sextante terá de ser applicada uma correcção, afim de obtermos o valor da mesma distancia angular projectada no plano horisontal.

Se chamarmos a e a' ás alturas dos pontos considerados, alturas não superiores a 3º, e se fôr α o angulo medido no plano obliquo, o angulo A em projecção é assim obtido:

$$A = \alpha + \left[\frac{(a+a')^2}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{sen} 1'' - \frac{(a-a')}{2} \operatorname{cotg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{sen} 1'' \right]$$

Se as alturas dos pontos são superiores a 3º, dever-se ha calcular a projecção do angulo como em occasião opportuna se dirá[1]

4.º) *Medição repetida dos pequenos angulos inferiores a 5º.* Em alguns problemas de hydrographia, ha por vezes a ne-

---

[1] Livro III — «Determinações por processos astronomicos».

cessidade de medir angulos entre pontos separados por pequena distancia angular de que se pretende o maximo rigor possivel, apezar de serem observados de bordo.

O sextante pode, por meio de um simples artificio, dar o dobro d'esse angulo isento de index erro. A operação faz-se repetindo a medição: apontando directamente para um dos pontos e depois para o outro, conservando o instrumento na mesma posição; a semi-differença algebrica das duas leituras representará o valor do angulo que se pretende.

O processo indicado é, como vemos, analogo ao seguido para a determinação do index erro pela observação do sol.

86 — Observações astronomicas com o sextante.

1.º) *No plano vertical* — Foram, no curso de navegação, indicados alguns preceitos a seguir em taes observações; a pouco limitaremos, pois, o nosso estudo sobre o assumpto, restringindo-nos ás observações que empregam o horisonte artificial, observações em que convem attender ás regras que adeante enunciamos:

a) Tornar as duas imagens, directa e reflectida, da mesma intensidade, por meio do collar da luneta; as imagens devem ser, de preferencia, mais fracas do que fortes.

b) O eixo geometrico da luneta deve estar muito aproximadamente parallelo ao limbo. A luneta empregada em observações rigorosas é a celeste.

c) E' conveniente que o parafuso de ajustamento esteja roscado quasi todo em sentido contrario ao movimento a dar durante a observação.

d) De noite é necessario illuminar os fios para se observar sempre perto do eixo geometrico da luneta, o que se consegue reflectindo alguma luz no vidro do telhado do horisonte artificial, a sufficiente para não prejudicar a observação.

e) Usar dos vidros córados da ocular nas observações do sol.

f Determinar o index erro, por observações do astro escolhido, antes e depois das observações de alturas.

g; Para melhor expediente e evitar fadigas, é conveniente observar a altura simples e depois pôr a alidade no dobro d'essa altura, observando immediatamente com a luneta.

Expôr o sextante o menos possivel ao sol, principalmente antes da observação.

h) Quando não haja supporte (n.º 84), é necessario procurar posição propria e commoda: sentado, tendo os cotovellos apoiados nos joelhos e segurando o sextante com ambas as mãos.

Retirado o sextante dos olhos, procuraremos posição na qual se veja a imagem do astro reflectida no horisonte artifi

cial e depois, *sem deslocar a cabeça*, levaremos o sextante á cara.

Procedendo d'esta forma, facilmente encontraremos as duas imagens do astro.

i) E' conveniente aproximar a luneta tanto quanto possivel do vidro do horisonte artificial.

j) E' bom habito observar com um dos olhos e ler com o outro.

l) O proprio observador deve contar ao chronometro ao mesmo tempo que observa, estimando os momentos em que são feitos os contactos.

m) Em observações de estrellas, é preferivel notar os tempos em que as duas imagens passam uma ao lado da outra em vez de recorrer aos contactos.

n) Quando os astros teem grande movimento em altura, é preferivel esperar os contactos; quando o movimento seja lento, é mais conveniente fazer esses contactos com o parafuso ajustante.

o) O horisonte artificial deve estar em logar onde se não produzam vibrações do liquido do mesmo horisonte.

p) O socego do observador e de tudo que o cérca, é condição muito favoravel á observação rigorosa.

q) As posições das duas imagens são as que se podem vêr nas duas figuras 30 e 31, onde as letras *D* e *R* indicam respectivamente as imagens directa e reflectida e as settas o sentido do movimento d'essas imagens no campo da luneta.

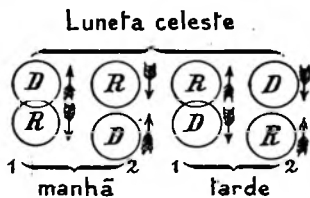
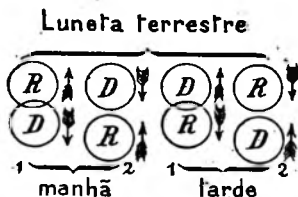



Fig. 30 Fig. 31

NOTA. — Quando se não façam rapida e seguidamente as observações 1 e 2 de cada grupo, torna-se indispensavel mencionar nos registos a especie de luneta usada e a posição das imagens, afim de podermos saber qual o limbo observado, para os effeitos de correcção do semi-diametro nas alturas.

2.º) *No plano horisontal.* Resumem-se essas observações á determinação do angulo horisontal entre as direcções para

um ponto terrestre e para um astro, afim de obter um azimuth verdadeiro da primeira direcção, calculado o azimuth verdadeiro do astro. (1)

3.º) *No plano obliquo.* Observações que teem um fim analogo ao do caso anterior e que em occasião opportuna serão sufficientemente explicadas na applicação pratica. (1)

87 — Circulos de reflexão prismaticos. — São instrumentos de dupla reflexão destinados a dar angulos de qualquer grandeza, tendo ainda, sobre o sextante ordinario, a vantagem

Fig. 32 — Circulo de reflexão prismatico

OO' — peça rigida de ligação do systema, servindo o extremo direito de manipulo.

P — prisma substituindo o espelho pequeno de um sextante.

L — luneta.

m,m' — microscopios micrometricos estabelecidos n'um travessão ligado a *OO'* e aproximando até 2″ directamente.

C — circulo de 0m.08 de diametro com a graduação voltada para baixo.

ee' — espelho central ligado invariavelmente ao circulo e pelo lado opposto dos microscopios. Pelas linhas pontuadas partindo dos pontos *B* e *A*, cuja distancia angular se pretende, faremos uma ideia do modo por que se dá a dupla reflexão (total em *P*) e a coincidencia das imagens vistas atravez do oculo.

de eliminar os erros de excentricidade da alidade e má graduação do limbo, por isso que empregam leituras diametralmente oppostas.

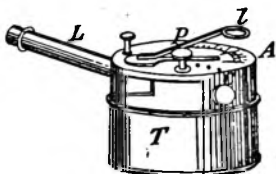
Estes instrumentos, de que a Fig. 32 dá uma ideia, são

(1) Livro III — «Determinações por processos astronomicos».

muito proprios para as expedições geographicas, nomeadamente para aquellas que tenham de se realisar em climas tropicaes, onde as observações meridianas do sol nem sempre são possiveis com os sextantes vulgares. O circulo representado na figura, é devido ao fabricante allemão Repsold, segundo os principios de «Pistor y Martins».

A luneta é de grande alcance, o que obriga a ter o instrumento sobre um supporte, no acto da observação.

88 — Sextante de algibeira. — Representado na Fig. 33, é constituido por uma caixa cylindrica de metal onde se adaptam os espelhos dispostos por forma analoga á do sextante ordinario.

Durante o emprego, a tampa *T* passa a occupar a posição indicada na figura, aparafusando-a á parte inferior da caixa.

Fig' 33 — Sextante de algibeira

Serve o botão *P* para produzir os deslocamentos da alidade *A* sobre o limbo e a leitura dos angulos é feita com o auxilio de nonio e da lupa *l*. Visa-se por uma abertura praticada na caixa, abertura que pode ainda receber um oculo *L*. Tem o instrumento varios vidros córádos para as observações do sol.

As rectificações são analogas ás do sextante ordinario e assim tambem o seu emprego. A aproximação é levada a 1 ou 2 minutos.

§ 4 — GRAPHOMETRO

89 — Descripção do instrumento. — O *graphometro*, Fig. 34, é constituido pcr um limbo circular *AMB*, graduado de o a 200 grados ou 180°, nos dois sentidos oppostos. O diametro *AB* supporta em cada uma das extremidades uma pinnula, constituindo o systema uma alidade fixa cuja direcção de pontaria deve confundir-se com o diametro 0-200 grados ou 0-180°.

Em torno do centro *O*, gira uma segunda alidade de pinnulas *CD*, em cujas extremidades se gravam os respectivos no-

nios, obedecendo á condição de ficar a linha dos zeros no plano determinado por essas pinnulas.

As graduações dos nonios crescem em sentidos oppostos, afim de poderem ser respectivamente applicadas a cada uma das escalas do limbo.

Um circulo graduado, tendo ao centro uma agulha magnetica, é adaptado ao limbo semi-circular.

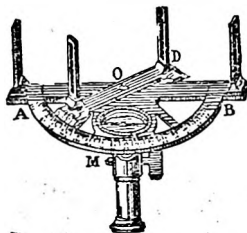



Fig. 34 — Graphometro

Todo o systema descripto assenta sobre um joelho especial, joelho que por sua vez se adapta a um tripé.

90 — Emprego do graphometro. — E' intuitivo o modo de usar do apparelho na medição de distancias angulares, dirigindo as alidades, fixa e movel, respectivamente para cada um dos pontos considerados; porém, para que essas distancias sejam dadas com o possivel rigôr, torna-se necessario proceder ás seguintes verificações:

1.ª) Reconhecer, em cada alidade, se a fenda e o fio contrario pertencem a um unico plano, o que se consegue visando pela fenda e verificando se o fio do extremo opposto se apresenta bem parallelamente aos bordos da mesma fenda.

2.ª) Reconhecer, em cada alidade, se aquelle plano é vertical, depois de horisontalisado com um nivel o limbo semicircular. (1) A pontaria dirigida a um fio de prumo, torna facil essa verificação.

3.ª) Reconhecer a centralisação da alidade movel, o que se consegue alterando a direcção do diametro AB, e em cada posição por elle occupada, proceder á medição de um mesmo

(1) Attendendo a que os angulos lidos são sufficientemente exactos embora o limbo esteja um pouco fóra do plano horisontal, pode dispensar-se um rigoroso horisontalismo do mesmo limbo, bastando, na maioria dos casos, verificar se os extremos da agulha magnetica rasam o bordo graduado do circulo onde se aloja.

angulo entre dois pontos escolhidos e apenas com o auxilio d'aquella alidade.

4.ª) Reconhecer se os planos determinados pelas duas alidades coincidem, quando os zeros da alidade movel se ajustam aos respectivos zeros do limbo. Se existe differença, o angulo das alidades, chamado *erro de collimação* ou de *parallelismo*, deve ser sommado ou subtrahido dos angulos lidos. Querendo evitar esse trabalho, procede-se de maneira a empregar apenas a alidade movel. Sejam, Fig. 35, E e D os dois pontos considerados; levem-se á coincidencia os zeros da alidade movel com os respectivos do limbo. Movendo-se o systema, dirija-se, por essa alidade, a pontaria para o ponto E, marcando então no terreno o ponto F para o qual fica dirigida a alidade fixa. Immobilisado o limbo, faça-se girar a alidade movel, até vermos por ella o segundo ponto D. Em n lê-se o angulo desejado. Como verificação do rigor da leitura, a alidade fixa deve ainda visar o ponto F, vindo assim a servir de alidade fiel.

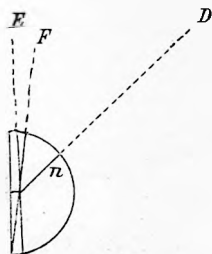



Fig. 35

§ 5 — PANTOMETRO

91 — Descripção do instrumento. — No *pantometro*, Fig. 36, o limbo e os nonios da alidade são gravados em dois cylindros L e A sobrepostos e montados sobre um mesmo eixo. O cylindro inferior, arrastando comsigo o superior, pode girar em torno do eixo de um joelho D. Serve o botão B para os movimentos do cylindro A, conservando-se fixo o cylindro inferior. O diametro 0-200 grados ou 0-180° do limbo é disposto no plano das pinnulas de L, correspondendo ao plano das pinnulas de A a linha dos zeros de dois nonios ahi gravados em posições diametralmente oppostas.

Fig. 35 — Pantometro

92 — Emprego do pantometro. — Tudo o que no n.º 89 dissemos sobre o emprego do graphometro, pode ser analogamente applicado ao pantometro, havendo n'este instrumento a vantagem de ser possivel a correcção dos erros de excentricidade (verificação 3.ª) pela leitura dos dois nonios diametralmente oppostos.

§ 6 — CIRCULOS DE ALINHAMENTO E GEODESICO

93 — Descripção e emprego d'esses instrumentos. — Pela simples inspecção das Figs. 37 e 38, e obtidos já os necessarios conhecimentos estudados no cap. II da *Parte primeira* e § 2 do capitulo dedicado aos goniometros, facil é descriminar nos assumptos ahi desenvolvidos, aquelles que podem ter applicação ao estudo dos circulos de que vimos fallando. A ausencia de limbo vertical, simplifica as operações de rectificação (n.° 61).

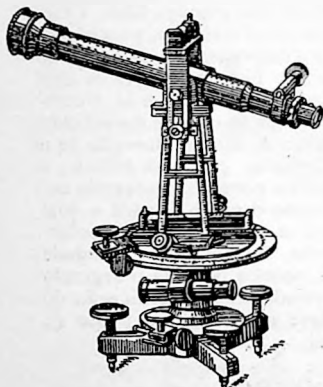
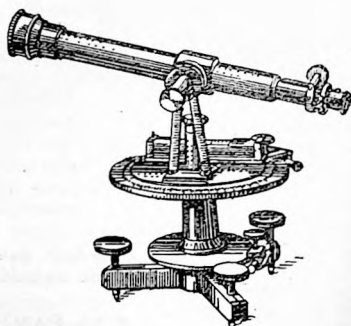



Fig. 37 — Circulo de alinhamento Fig. 38 — Circulo geodesico

§ 7 — BUSSOLAS

94 — Considerações prévias. — Os conhecimentos que trazemos do curso de navegação a respeito da agulha magnetica e modo de, com ella, obtermos marcações de quaesquer pontos, dispensam-nos o trabalho de fallar em certos assumptos ligados intimamente ao emprego da bussola, limitando-nos n'este paragrapho ás considerações que julgamos indispensaveis.

Nos numeros seguintes faremos um breve estudo dos instrumentos que, empregando a agulha magnetica, nos podem dar angulos no plano horisontal.

93 — **Bussolas topographicas; sua rectificação e emprego.** — As Figs. 39 e 40 representam duas bussolas topographicas respectivamente de luneta excentrica e luneta central.

Compõe-se a bussola de um limbo circular graduado *A*, no interior do qual está a agulha magnetica assente sobre um *pirot* occupando o centro do limbo. Uma luneta *L* está disposta parallelamente ao diametro 0-200 grados ou 0-180° e montada sobre um eixo de rotação horisontal, o que permitte pontarias sob diversas inclinações. A bussola propriamente dita, liga-se a um joelho de parafusos nivelantes e de forma a poder girar em torno de um eixo vertical.

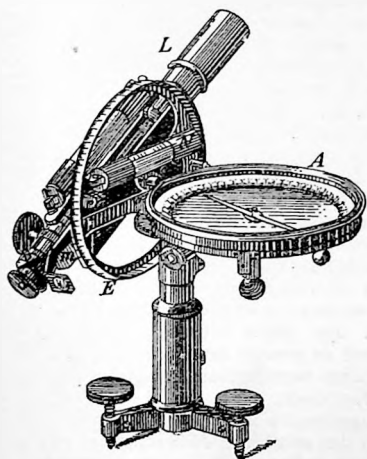



Fig. 39 — Bussola de luneta excentrica

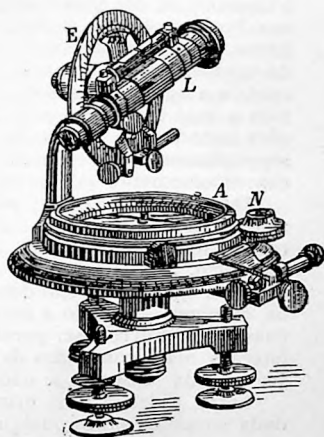



Fig. 40 — Bussola de luneta central

O instrumento é geralmente munido de um nivel *N* servindo para realisar o verticalismo do eixo de rotação ou horisontalismo do limbo, e de um circulo vertical *E* destinado a medir angulos verticaes. [1]

---

[1] Pode assim o instrumento funccionar como eclimetro, sendo-lhe applicaveis as considerações que adeante faremos ao tratar d'estes apparelhos. (n.° 98).

O diametro 0-200 grados ou 0-180° toma o nome de *linha de fé*.

—Supposta a agulha magnetica em condições de um regular funccionamento, torna-se necessario ainda realisar praticamente as duas condições theoricamente enunciadas no n.º 59, quanto ao verticalismo do eixo principal e horisontalismo do eixo secundario, sendo ainda este eixo perpendicular ao eixo optico da luneta.

São conseguidos taes fins, operando analogamente ao que foi dito no n.º 61, operações 1.ª e 5.ª, convindo, por fim, lembrar que o processo de observações conjugadas annulla os erros de collimação e os de falta de horisontalismo do eixo secundario.

—Estacionada a bussola n'um dado ponto e querendo obter o azimuth de um ponto distante, bastará, suppondo pelo menos horisontalisado o limbo, dirigir a pontaria para esse ponto, esperando depois alguns segundos até completo socego da agulha. Collocado então o observador no plano vertical que contem a agulha magnetica, fará a leitura da divisão do limbo com a qual coincide o polo Norte. O angulo entre duas direcções tomadas do ponto de estação será obtido, observando separadamente os azimuths d'essas direcções e combinando convenientemente as leituras feitas.

96. Declinatoria; sua descripção e uso. — Chama-se *declinatoria* a uma agulha magnetica installada n'um estojo rectangular, em geral de latão, fechado superiormente por um vidro. Nos lados menores do rectangulo e em frente dos polos da agulha, existem dois sectores graduados do meio para os extremos, devendo a linha dos zeros d'essas graduações passar pelo fulcro e ser parallela ás arestas inferiores das faces lateraes mais compridas da caixa rectangular. A agulha pode ser travada sempre que não funccione.

Serve a declinatoria principalmente para traçar sobre uma dada superficie plana qualquer das direcções *N-S* magnetica ou *N-S* verdadeira, sendo condição indispensavel para o traçado d'esta ultima que os sectores tenham sufficiente grandeza em relação á declinação magnetica do logar.

Obtem-se, sobre um dado plano, a direcção *N-S* magnetica, assentando a declinatoria sobre esse plano e orientando a caixa de forma a levar os polos da agulha á coincidencia com os zeros das graduações; qualquer das arestas inferiores das faces lateraes mais compridas da caixa, dará a direcção pedida.

O traçado de uma linha na direcção *N-S* verdadeira pode ser obtido, sobre um plano, procedendo analogamente ao caso anterior, com a differença apenas de levar a linha dos polos

da agulha á coincidencia com a conveniente graduação de valor egual ao da declinação magnetica do logar.

97 — Bussolas de reconhecimento. — São bussolas empregadas em trabalhos expeditos

Varios são os typos hoje em uso; limitar nos-hemos, porém, á descripção da bussola de Peigné, como uma das mais empregadas, e fallaremos ainda das bussolas de reflexão e de Burnier, das quaes existem modelos na Escola Naval.

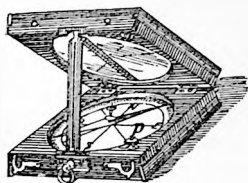



Fig. 41 — Bussola de Peigné

A *bussola de Peigné* está representada na Fig. 41. Uma caixa quadrada de madeira aloja uma agulha magnetica. Na tampa superior d'essa caixa está introduzido um espelho, do qual uma parte rectangular, correspondendo a uma janella da mesma forma, não é estanhada. Dois fios de crina, muito proximos e divergentes de cima para baixo, estendem-se ao longo da janella que não occupa senão a parte central do espelho no prolongamento da linha N-S. Uma pinnula, que pode ser abatida sobre a caixa, dá apoio á tampa, ficando esta inclinada de 45° sobre aquella.

Pondo a caixa horisontalmente á altura dos olhos do observador na posição da figura e visando pela pinnula e pelo intervallo dos fios, vêem se reflectidas no espelho as graduações

Fig. 42 — Bussola de Burnier

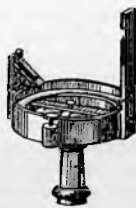



Fig. 43 — Bussola de reflexão

do limbo, no qual se lê então o azimuth do ponto que estiver na direcção dos raios visuaes. Quando haja difficuldade na leitura, immobilisa-se a agulha por meio de um perno de cabeça p, podendo até tornar-se permanente essa immobilidade, aparafusando a parte superior do perno que é roscada.

— Possue a Escola Naval dois modelos de bussolas diffe-

rentes, o de *Burnier* e o de *reflexão*, representados respectivamente nas Fig. 42 e 43.

Na bussola de Burnier a caixa metallica de forma alongada, contem uma agulha magnetica sobre um eixo, arrastando no movimento um limbo muito leve, em forma de tambor, sobre o qual está traçada a graduação.

A pontaria é feita visando pela fenda *f* para *f'*; reduzidas as oscillações por meio de um botão lateral da caixa, passa-se á leitura, olhando pela janella *j* munida de um traço no prolongamento da fenda *f* e vendo qual a divisão do limbo graduado que corresponde a um fio vertical estendido no interior e em posição tal que determina com o traço da janella *j* o plano de pontaria. A agulha pode ser travada, carregando n'um botão lateral da caixa e o systema tem péga propria que permitte apoiar o apparelho sobre supporte adequado.

A simples inspecção da Fig. 43 dá a necessaria ideia sobre uma bussola de reflexão.

§ 8 — ECLIMETROS E CLISIMETROS

98 — Algumas considerações sobre esses instrumentos. — Medem os *eclimetros* os angulos no plano vertical, resumindo-se geralmente o problema á determinação das elevações ou depressões dos objectos vistos do logar de estação do instrumento; — dão-nos os *clisimetros* os valores das tangentes trigonometricas dos angulos verticaes a partir da horisontal.

O *eclimetro* propriamente dito, isto é, o instrumento exclusivamente destinado aos fins expostos na definição, pouca ou nenhuma applicação tem nos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia. O theodolito, com o seu limbo vertical, mede as inclinações no plano do mesmo limbo e para outros trabalhos de menor rigôr é empregada a *prancheta* (n.° 99), comprehendendo se n'este apparelho a *alidade eclimetro* que adeante será descripta (n.° 103), formulando-se então os preceitos para uso d'esse instrumento.

— Os *clisimetros* são, em absoluto, dispensados nos trabalhos que constituem objectivo d'este curso, por isso nos abstemos de desenvolver quaesquer considerações sobre o assumpto.

Capitulo II — Instrumentos para traçado de angulos. Goniographos

§ 1 — PRANCHETA

99 — Considerações geraes. — Como dissemos no n.º 52, o goniographo regista os angulos ou as projecções d'estes no plano horisontal. A *prancheta*, vulgarmente assim chamada e comprehendendo a prancheta propriamente dita e a alidade, é o principal representante dos goniographos. Em cada um dos numeros seguintes, faremos respectivamente as descripções d'aquelles apparelhos.

100 — Prancheta propriamente dita; sua descripção. — Constitue a prancheta propriamente dita, um rectangulo de madeira disposto horisontalmente sobre um joelho, em geral de parafusos nivelantes, joelho que assenta sobre um tripé vulgar.

Deve o rectangulo ser de madeira leve, muito secca e macia, não tendo nós. O malhetado das diversas tiras de madeira que compõem a parte central do quadro e a moldura exterior, deve ser feito de forma a evitar empenos, o que se consegue juntando as tiras, fio contra fio, da mesma madeira.

A grandeza do lado maior não excede em geral seis decimetros.

101 — Cuidados a ter com a prancheta. — Deve haver sempre o maximo cuidado em não deixar a prancheta apoiada pelos extremos ou carregada sobre superficie que não seja bem plana; qualquer empeno que a prancha adquira, é motivo para a inutilisar emquanto não retome a forma devida.

— Deve preservar-se, quanto possivel, a prancheta dos raios do sol e da humidade.

— O joelho deve ter caixa de conducção e não andar ligado á prancheta, como é de costume e muitas vezes de maus resultados. Attenda-se a que do bom funccionamento do joelho, depende, em grande parte, a perfeição dos trabalhos.

— Quando não haja uma superficie bem plana em que se apoie a prancheta carregada de pesos egualmente distribuidos sobre o rectangulo, é preferivel, sempre que ella não sirva, apoia-la verticalmente e assim a conservar.

102 — Collar o papel na prancheta. — Sendo no emprego da prancheta necessario cobri-la com papel de desenho, vejamos como se procederá a esta operação, de forma a

evitar que a humidade, enrugando o papel, torne impossivel o traçado das linhas.

Para isso, corta-se o papel excedendo de $0^m.1$ cada um dos lados da prancheta e sobre ella se assenta, molhando-o durante algum tempo (10 minutos pelo menos) com uma esponja carregada de agua bem limpa. Prega-se então um dos lados do papel ao rectangulo, usando de pregos proprios *(punaises)* espetados na face inferior do mesmo rectangulo; e, esticado o papel pelo lado opposto, é esse lado seguro á prancheta por forma analoga á indicada.

Faz-se depois o mesmo aos outros dois lados e então simultaneamente.

Cortado depois o excedente papel dos cantos, é elle collado successivamente aos lados da prancheta [1], havendo cuidado em que a gomma não passe para a parte superior da madeira. Torna se em seguida a pregar o papel, deixando-o seccar bem e por fim despregando-o definitivamente, afim de ser cortada, em volta, a tira que dobrava para a parte inferior do rectangulo.

103 — Alidade eclimetro. [2] — Este instrumento é

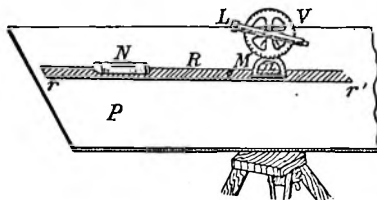



Fig. 44 — Alidade eclimetro sobre a prancheta

P — Fragmento da prancheta propriamente dita.
R — Regua onde se apoia o montante.
M — Montante.
L — Luneta.
V — Limbo vertical.
rr' — Aresta para o traçado das direcções.
N — Nivel de bolha.
n — Nonio de limbo vertical.

---

[1] E' bôa a gomma de dextrina que se dissolve rapidamente em agua fria.

[2] Tem em geral, esse instrumento disposições proprias para effeitos stadimetricos (medições de distancias), como veremos em occasião opportuna; por isso á designação de «Alidade eclimetro» se junta a «de stadia».

um dos accessorios indispensaveis nos trabalhos com a prancheta. Consta essencialmente, como se pode ver na Fig. 44, de uma luneta supportada por um montante sobre uma regua. O eixo de rotação d'essa luneta é parallelo á superficie da regua e disposto normalmente á aresta da mesma regua. Serve o instrumento de alidade, por isso que permitte o traçado de direcções horisontaes e desempenha o papel de eclimetro, porque com elle podemos obter a inclinação da pontaria, inclinação dada no limbo vertical adaptado ao montante.

104 — Escolha da alidade. — Para que esse instrumento possa cumprir satisfactoriamente os fins a que se destina, é necessario que obedeça ás seguintes condições:

a) a regua ser bem plana;

b) a aresta da regua destinada ao traçado das linhas ser bem rectilinea e de sufficiente grandeza;

c) a luneta ser de grande alcance, podendo dar volta completa em torno do seu eixo de rotação;

d) ter o circulo vertical completo, havendo para as leituras dois nonios oppostos;

e) ter um systema de parafusos ajustantes que permitta os convenientes movimentos da luneta em altura;

f) ter todas as disposições proprias para completa rectificação, como será dito no n.º seguinte;

g) ter nivel ligado á regua;

h) não ser o instrumento muito pesado.

NOTA — Uma outra condição falta aqui apontar e que se refere aos fios horisontaes do reticulo para effeitos stadimetricos; n'ella fallaremos em occasião opportuna.

105 — Rectificação geral de uma alidade eclimetro. — Pode a alidade, para os effeitos de rectificação, ser assemelhada ao theodolito, bastando para isso considerar: como eixo principal o do joelho; como limbo horisontal a propria prancheta; e a alidade eclimetro como todo o systema superior da alidade do theodolito.

As rectificações, considerado o goniographo por essa forma, são semelhantes ás indicadas no n.º 61. Assim teremos:

1.º *Horisontalisar a prancheta*, empregando um nivel como foi dito no n.º 39-1.º).

2.º *Annullar a collimaçao da luneta*, apontando para um mesmo ponto no horisonte e nas duas posições invertidas da regua. Havendo qualquer desvio entre as duas direcções e collocada a regua segundo a bissectriz, leve-se o eixo optico a tomar a direcção do ponto escolhido, manobrando convenientemente os parafusos proprios do reticulo.

3.º *Levar ao horisontalismo o eixo de rotação da luneta*, observando, em geral, um fio de prumo ou esquina de casa,

como foi dito na operação 5.ª do n.º 61. A rectificação faz-se com o parafuso que modifica a inclinação do montante sobre a regua. Em alguns casos poderá servir-nos um pequeno calço de papel, mais ou menos grosso.

4.º *Orientação do quadro dos fios de reticulo*, como foi dito no n.º 61, operação 6.ª.

5.º *Rectificar o nivel*, segundo os preceitos do n.º 36.

6.º *Acertar o zero do nonio do vertical*, como foi dito no n.º 61, operação 7.ª.

NOTA. — Alem das condições apontadas, ha a conveniencia de o plano descripto pelo eixo da luneta passar pela aresta da regua, se bem que de qualquer falta na observancia d'esta ultima condição não resultem realmente erros para considerar nos trabalhos de prancheta.

§ 2 — EMPREGO DA PRANCHETA COMO GONIOGRAPHO

106 — Traçado dos angulos. — Limitando-nos ao emprego da prancheta como goniographo, comprehende-se facilmente o modo de usar do instrumento: — Espetando uma agulha[1] no rectangulo para indicar o logar de estação e encostando a aresta da regua a essa agulha, dirige-se a luneta para cada um dos pontos cuja distancia angular queremos projectar horisontalmente no papel. Traçadas no mesmo papel as duas direcções dadas pela aresta em cada posição, teremos obtido a projecção horisontal do angulo entre as direcções aos pontos escolhidos.

107 — Pôr a prancheta em estação. — Esta operação não é distincta da applicação do theodolito (n.º 74); attendendo, porém, a que na collocação da prancheta em estação não é requerido tanto rigor como tratando-se d'aquelle instrumento, o ponto que deve ficar na vertical do que é dado no terreno, não pertence, geralmente, ao eixo vertical do joelho. São, comtudo, condições indispensaveis:

1.ª Que o rectangulo de madeira esteja sensivelmente horisontal.

2.ª Que o ponto marcado na prancheta e correspondente ao do terreno no qual se quer estacionar, fique proximamente na mesma vertical d'este ultimo.

3.ª Que a prancheta esteja *declinada*, isto é, que as linhas do desenho ou as direcções entre os diversos pontos da

---

[1] Agulha d'aço bastante delgada e não muito grande, com a parte do fundo coberta de lacre, para formar boa pega.

prancheta, fiquem perfeitamente orientadas pelas correspondentes no terreno.

Segundo as circumstancias, varía o modo de praticamente realisar aquellas tres condições. Por agora basta considerar os dois casos mais typicos: o primeiro, de resolução rigorosa e o segundo, de resolução aproximada, por intervir a agulha magnetica.

a) *Resolução rigorosa : — Na prancheta ha dois pontos* a *e* b *correspondentes a dois* A *e* B *do terreno. Quer-se estacionar em* A. *suppondo que* B *é visivel de* A.

São condições favoraveis ao problema, estarem *A* e *B* a alturas pouco differentes e muito affastados um do outro.

Começa-se por procurar cumprir, á simples vista e de uma forma aproximada, as tres condições acima mencionadas; apertam-se depois os parafusos do tripé; espetam-se duas agulhas bem eguaes e normalmente ao rectangulo nos pontos *a* e *b*, e a ellas se encosta a aresta da regua. Horisontalisa-se a prancheta por meio do nivel (n.° 39, 1.°); gira-se depois com o rectangulo e, manobrando o parafuso de ajustamento, leva-se a luneta a apontar para *B*, continuando, claro está, encostada a aresta da regua ás duas agulhas. Verifica-se então com um fio de prumo se o ponto *a* da prancheta se projecta verticalmente sobre o ponto *A* do terreno; a differença que houver, quando seja relativamente grande, corrigir-se-ha, levantando todo o tripé e aproximando o ponto *a* o mais possivel da vertical de *A*.

Segue-se repetir as operações anteriores e assim successivamente, até realisação aproximada das condições estabelecidas.

b) *Resolução aproximada: — Na prancheta ha traçada uma linha que indica a direcção do meridiano magnetico ou verdadeiro. Quer-se estacionar n'um ponto* A *do terreno, correspondente ao ponto* a *marcado na prancheta.*

Colloca-se o instrumento no seu tripé, por fórma que a linha dada seja aproximadamente parallela á sua correspondente no terreno e que estando o quadro de madeira horisontal, á vista, o ponto se projecte proximamente em A; apertam se depois os parafusos do tripé.

Horisontalisa-se então o rectangulo, usando de nivel e por fim, ajustada convenientemente a face da declinatoria á linha traçada, gira-se com a prancheta, até conseguir levar essa linha á coincidencia com o meridiano magnetico ou verdadeiro (n.° 96), verificando por fim, com um fio de prumo, se o ponto *a* se projecta em *A*; a differença que houver, quando seja relativamente grande, corrigir-se-ha, levantando todo o tripé e aproximando o ponto *a* o mais possivel da vertical de A. Segue-se repetir as operações anteriores e assim successivamente, até realisação aproximada das condições estabelecidas.

8

NOTAS. — Quando haja alguma pratica, uma só tentativa basta para collocar a prancheta em estação, usando de qualquer dos processos *a)* ou *b)*.

— Não havendo fio de prumo, pode servir qualquer pedra. O uso do chamado compasso de espessura, é quasi sempre dispensado nos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia.

— Havendo sol, é indispensavel preservar o rectangulo de madeira da acção directa dos raios solares, podendo para isso empregar-se um chapeu abrigo.

— Attenda-se a que das tres operações elementares, a de orientar a prancheta (condição 3.ª), é que exige mais rigôr na realisação.

108 — Transporte da prancheta. — A prancheta deve ter uma mala de lona ou de coiro onde possa caber juntamente com a caixa da alidade e alguns outros accessorios de que fallaremos em occasião opportuna.

A prancheta deve, quando não sirva, estar sempre coberta com uma capa de oleado e o joelho guardado na caixa propria.

No começo e fim do trabalho diario, o transporte de toda a prancheta é feito acondicionando convenientemente as differentes peças que a compõem nas caixas e coberturas atraz citadas; mas nas mudanças de estação para estação, pode-se fazer a conducção, cobrindo a prancheta e trasportando-a sobre o tripé, conservando este verticalmente.

Capitulo III — Esquadros

§ 1 — CONSIDERAÇÕES GERAES

109 — Noções geraes. — Dissemos no n.º 53 que se dá o nome de esquadros aos instrumentos com que se podem obter no espaço duas direcções perpendiculares entre si. Classificam-se taes instrumentos em dois grupos:

Esquadros de visão directa, servindo de typo o esquadro de agrimensor; *esquadros de reflexão*, entre os quaes figura o esquadro de Coutureau que não descrevemos por pouco usado nas operações topographicas subsidiarias da hydrographia. Dentro d'este ultimo grupo, limitar-nos-hemos á descripção e uso do telemetro de Gaumet, por existir um modelo d'esse instrumento na Escola Naval; indicando por fim a maneira de utilisar o sextante para obter direcções perpendiculares no espaço.

§ 2 — ESQUADROS DE VISÃO DIRECTA

110 — Descripção e uso do esquadro de agrimensor. — O modelo mais conhecido d'este esquadro, está representado na Fig. 45.

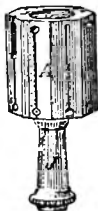



Fig. 45 — Esquadro de agrimensor

Um prisma octogonal *A* apresenta em cada uma das faces uma pinnula vertical, de maneira a constituir com a pinnula da face diametralmente opposta uma alidade, determinando-se assim quatro direcções de pontaria formando entre si angulos de 45°. O prisma assenta sobre um joelho proprio.

Para que o instrumento possa dar indicações com o preciso rigôr, torna-se neccessario: 1.º) que as alidades determinem planos de pontaria, o que se reconhece

como foi dito no n.º 90; 2.º) que todos esses planos sejam verticaes quando as arestas exteriores do prisma A tomem essa direcção, o que se verifica procedendo como foi dito no mesmo n.º 90 (operação 2.ª); 3.º) que as quatro direcções de pontarias determinadas pelas alidades, formem angulos eguaes entre si, o que se pode reconhecer (collocado o instrumento em E, por exemplo, Fig. 46 e postas marcas ou bandeirolas em A e B a sufficientes distancias e segundo as direcções das

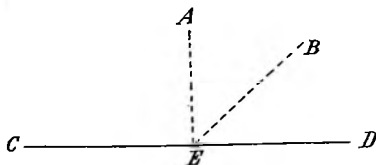



Fig. 46

pontarias de duas alidades contiguas) girando com o instrumento e verificando se é sempre o mesmo angulo AEB o abrangido pelas outras direcções contiguas, duas a duas. No caso contrario, não poderemos utilisar o instrumento sem rectificações do constructor.

— E' facil de comprehender o modo de emprego do instrumento de que vimos fallando: — Imaginemos CD uma direcção dada no terreno, direcção que supporemos, por exemplo, definida por bandeirolas collocadas em C e D. Consideremos qualquer dos casos:

1.º) Pretende-se de um ponto E da recta CD, levantar uma perpendicular EA aquella recta.

2.º) Dado o ponto A, determinar na direcção CD o pé da perpendicular EA.

No primeiro caso, montado o esquadro em E e verificada a posição de estação satisfazendo á condição de pertencer a á linha CD, o que se reconhece dirigindo por uma mesma alidade pontarias a C e D, não teremos mais do que espetar uma bandeirola na direcção EA dada pela alidade que, com aquella primeira, faz um angulo de 90°.

No 2.º caso, o problema é resolvido por tentativas, até se conseguir estacionar n'um ponto E tal que satisfaça á condição de pertencer á direcção CD, sendo ainda a direcção EA para A, perpendicular á primeira.

NOTA. — O pantometro, instrumento de que fallámos no n.º 91, pode evidentemente ser utilisado como esquadro de visão directa, postos os cylindros nas convenientes posições.

§ 3 — ESQUADROS DE REFLEXÃO

111 — Descripção e uso do telemetro de Gaumet como esquadro de reflexão. — Se bem que tal instrumento seja especialmente destinado, como o seu nome indica, á medição de distancias, pode elle ser utilisado como esquadro de reflexão; por isso o descrevemos aqui, reservando para occasião opportuna juntar ás nossas considerações de agora os necessarios esclarecimentos, quando queiramos usar o telemetro nas applicações para que foi especialmente construido.

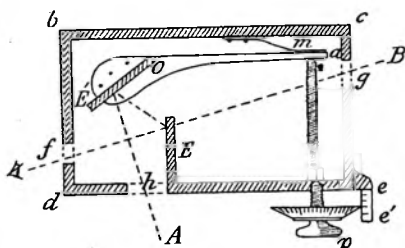



Fig. 47 — Telemetro de Gaumet

bcde — caixa cujo lado maior é de $0^m.5$, aproximadamente, tendo aberturas *f*, *g*, *h*.
E,*E'* — espelhos.
Oa — alidade movel em torno de *O*.
m — mola antagonista.
p — parafuso micrometrico.
ee' — escala conta-voltas.

Ha no telemetro de Gaumet dois espelhos *E* e *E'*, Fig. 47, o primeiro fixo e o segundo movel, podendo o angulo entre elles variar de $41°$ a $49°$, movendo o parafuso micrometrico *p*.

Occupando esse parafuso a posição media (o zero) na escala *ee'*, os espelhos fazem entre si um angulo de $45°$ e as direcções para dois pontos, taes como *B* e *A*, observado o primeiro directamente e o segundo por reflexão, serão perpendiculares entre si, quando o observador note taes pontos em coincidencia.

A inspecção da figura e elucidações que se lhe seguem, bastam para completa comprehensão do assumpto.

— Querendo obter no espaço uma direcção *TB* perpendicular a uma direcção dada *TA*, Fig. 48, colloque-se o observador em *T*, munido do instrumento, disposto este horisontalmente e depois de levado á coincidencia o zero da cabeça do parafuso com a parte media da escala *e e'*, Fig. 47. Empregando uma bandeirola em direcção proxima de *TB*, facil é conseguir levar essa bandeirola a uma posição tal que o observador a veja (segundo *fB*, fig. 47) confundindo-se com a imagem de *A*, observada por reflexão.

A
B T
Fig. 48

112 — Emprego do sextante como esquadro. — Collocado o zero do nonio em coincidencia com os 90° do limbo, convindo attender ao index erro quando o haja, facil é obter no espaço duas direcções perpendiculares entre si, resolvendo o problema por modo analogo ao dito no n.° anterior.

113 — Apparelho de alinhamentos de Craveiro Lopes; sua descripção e uso. — Embora este instrumento não possa ser propriamente incluido na categoria dos esquadros, é comtudo occasião propicia para o descrevermos, por isso que com tal apparelho obtemos direcções fazendo entre si angulos de 180°, o que equivale a dizer que o instrumento pode definir *alinhamentos*. [1]

Fig. 49

RR' — Regua de montagem dos espelhos.
E,E' — Espelhos a 90°.
D — Autepara.
M — Manipulo.
Os espelhos estão dispostos normalmente á face da regua *RR'*.

E' constituido o apparelho, Fig. 49, por um systema de dois espelhos a 90°, destinados a darem, portanto, um angulo de 180°, podendo assim indicar se qualquer ponto está ou não no alinhamento de dois outros.

Tem sido este instrumento muito empregado em Portugal nas operações de regular as agulhas magneticas dos navios, permittindo uma grande facilidade na determinação dos azimuths magneticos de Palmella, pelos alinhamentos que o apparelho descripto reconhece.

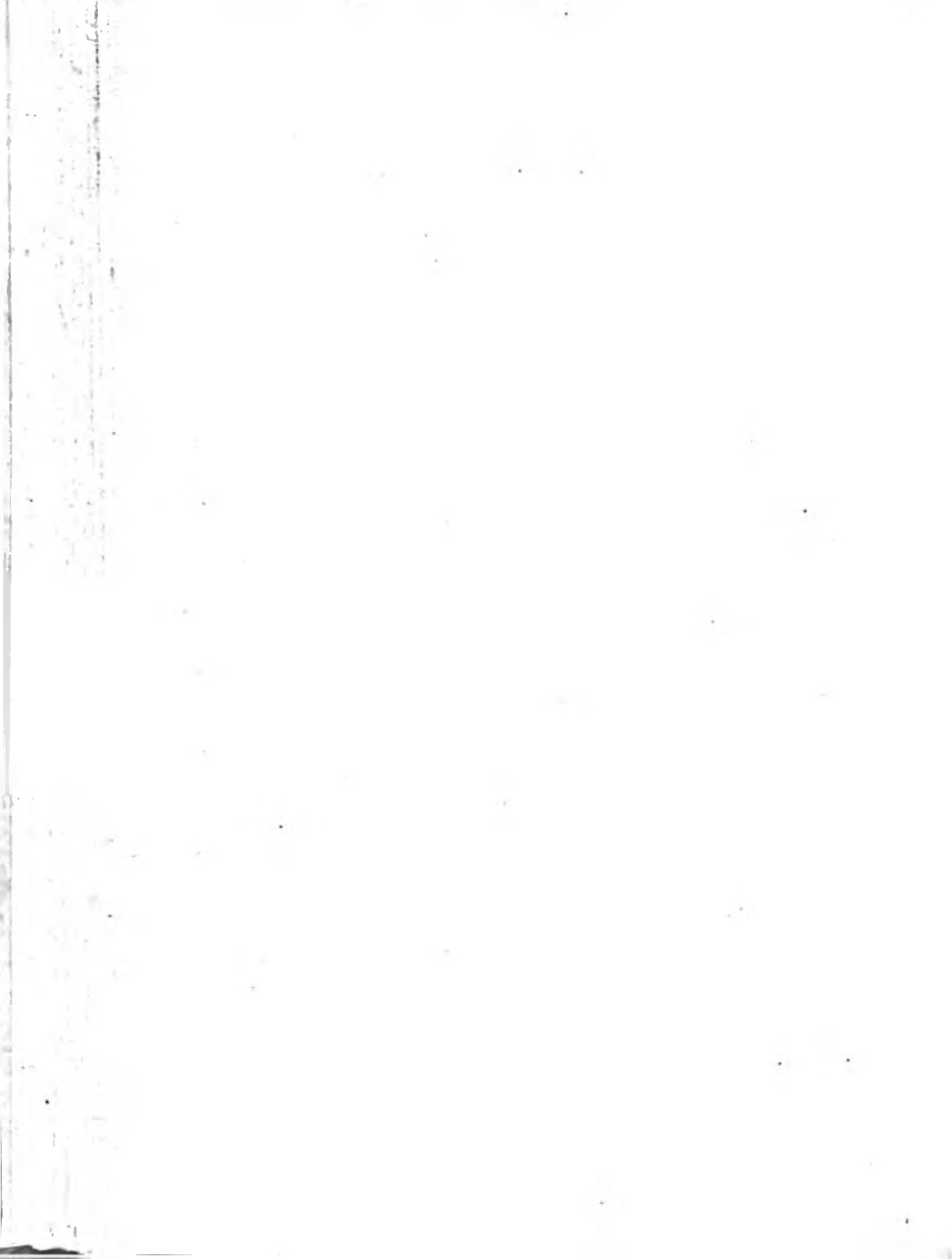
Pelo sr. Ramos da Costa, engenheiro hydrographo, foi

---

[1] Considerados dois pontos *A* e *B*, a recta que os une determina o *alinhamento* d'esses pontos, e os prolongamentos d'essa recta, para qualquer dos lados, o *enfiamento* dos mesmos pontos.

melhorado o instrumento com disposição propria para rectificar os espelhos.

— A observação é feita collocando o olho em *O*, Fig. 49, e vendo qual o ponto em coincidencia com a imagem directa *A* ou com a reflectida *B*, conforme o modo de dirigir o instrumento.

E' indispensavel que os pontos visados estejam sufficientemente distantes para que se possa desprezar o intervallo dos dois espelhos.

PARTE TERCEIRA

MEDIÇÃO DE DISTANCIAS

Capitulo I — Instrumentos de medição directa

§ 1 — CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

114 — Noções geraes. — Estudados na *Parte segunda* os instrumentos para medição de angulos, antevemos, desde já, a possibilidade de orientar direcções nos trabalhos topographicos, quando tenhamos de traçar essas direcções no desenho de um dado terreno; porém, para que os pontos transportados conservem as suas posições relativas, não basta o conhecimento das distancias angulares entre direcções que por elles passem; é ainda indispensavel determinar, para alguns, as distancias que os separam. Trataremos d'este ultimo assumpto em toda a *Parte terceira,* desenvolvendo em dois capitulos distintos, respectivamente o estudo dos instrumentos que directamente medem as distancias lineares e o d'aquelles que indirectamente nos fornecem os valores d'essas distancias, considerados sempre dois pontos no terreno.

115 — Instrumentos de medição directa.—Tomados dois pontos A e B do terreno, executa-se a medição directa, applicando por vezes successivas um mesmo comprimento dado, a partir de um dos pontos e sempre no alinhamento AB, até attingir o outro ponto.

Para esse fim, empregam-se em topographia os seguintes instrumentos: *as reguas, o fio d'aço, a cadeia metrica, as fitas d'aço ou de téla, a sondareza, o cyclographo e o podometro.* Nos seguintes paragraphos limitar-nos-hemos á descripção de taes instrumentos, reservando para occasião opportuna a apresentação dos processos geraes para medição de qualquer distancia no terreno.

§ 2 — REGUAS

116 — Descripção generica e uso das reguas. — Quando se quer medir com muito rigôr uma distancia horisontal entre dois pontos, empregam-se, em topographia, reguas de

alguns metros de comprimento (geralmente 4^m), as quaes devem ser de madeira bem secca e convenientemente oleada e envernisada. D'esse typo apresentamos na Fig. 50, o modelo devido ao major Clerc.

Medindo o comprimento exacto das reguas, comparando-as com um metro padrão, acham-se promptas para serem empregadas no terreno, collocando-as de topo a topo, ao longo de um cordel bem tenso que marque o alinhamento. Se o terreno é pouco inclinado, as convenientes alturas a que se devem collo-

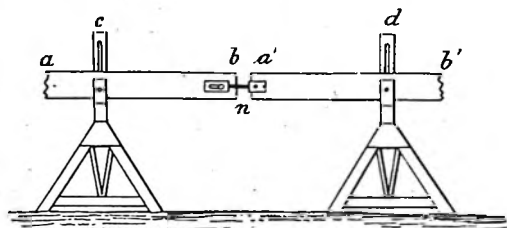



Fig. 50 — Reguas de Clerc

ab, *a'b'* — reguas de madeira de 2^m de comprimento.

c e *d* — apoios onde se fixam as reguas por intermedio de caixas de ferro fundido ou latão, moveis verticalmente, e permittindo dar ás reguas apoiadas uma posição horisontal.

n — disposição especial que permitte medir o afastamento das reguas por meio de uma linguêta graduada, em millimetros, com nonio.

car as caixas dos apoios, permittem levar as reguas a uma mesma linha horisontal, o que se verifica usando de nivel.

Nos terrenos de grande inclinação, poder-se-ha, embora com menos rigôr, empregar as reguas citadas, usando de um fio de prumo pendente da extremidade da regua mais alta e esse fio indicará o limite até onde deve correr a linguêta da outra regua, afim de medir o affastamento.

As reguas mais perfeitas são metallicas, podendo com ellas attender-se ás influencias da temperatura.

Leva-se ainda mais longe o aperfeiçoamento, empregando microscopios micrometricos em regua auxiliar, para medição dos affastamentos dos topos das reguas principaes.

§ 3 — FIO D'AÇO

117 — Descripção do apparelho de medição em fio d'aço. — Tem o fio geralmente a grandeza de 55^m e com elle se obtem, como veremos, a distancia de 50^m. Com um millimetro de diametro, esse fio é obtido no mercado em meadas, sendo necessario solda-las a produzir a grandeza requerida.

A Fig. 51 dá uma ideia de como é constituido o apparelho. Dois pesos de 5^k, um em cada extremidade, dão ao fio a necessaria tensão, tomando por retornos duas patescas *r* e *r'* que se fixam ás estacas *S* e *S'*.

Supponhamos que se tem já medida com rigôr (por meio

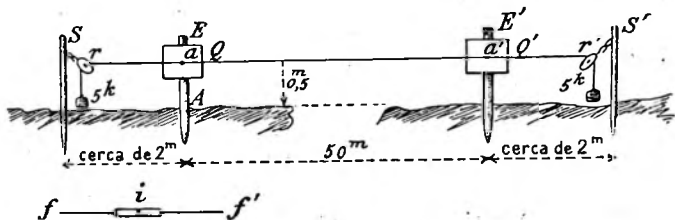



Fig. 51 — Apparelho de medição em fio d'aço

de reguas) uma distancia horisontal de 50^m entre dois pontos bem definidos [1]. Dispondo o apparelho com o fio tenso, como foi dito, e aproximando um ponto tal como *a*, Fig. 51, de um dos pontos acima citados, ahi se marcará o começo da distancia de 50^m que queremos no fio d'aço. O modo pratico de fazer essa marca, consiste em soldar junto de *a* um tubo de latão *i* e sobre elle e normalmente ao fio, gravar um traço de referencia. Ajustado perfeitamente esse traço ao ponto extremo da medição já feita e esticado convenientemente o fio, faremos, por forma analoga á indicada, novo traço *a'* em tubo de latão soldado nas visinhanças do outro ponto extremo da medição rigorosa executada, traço que coincidirá com este ponto.

O fio deve estar enrolado em roda de góla cavada e sempre bem untado de vaselina, quando não sirva.

---

[1] No corredor de entrada da Escola Naval existem dois marcos de pedra embebidos na parede do Sul, entre os quaes foi medida a distancia de 50 metros.

No acto de se desenrolar, para servir, é preciso que haja sempre grande cuidado em não permittir que se formem cócas d'onde resultem diminuição de distancia e de resistencia do fio.

118 — Emprego do apparelho. — A Fig. 51 auxilia a comprehensão do assumpto.

Querendo transportar para o terreno e n'uma dada direcção, uma distancia de 50^m a partir de *A*, por exemplo, espete-se ahi uma estaca de quadro *Q* com ponto central de referencia. Arme-se o apparelho, fixando as estacas *S* e *S'* na direcção dada e ás distancias indicadas na figura. Tomando uma segunda estaca de quadro *Q'*, procuraremos espeta-la no terreno, de forma a dar-se a coincidencia do centro do quadro com o traço *a'*, quando *a* se projecte no centro do quadro *Q*.

Os dois centros de *Q* e *Q'* ficarão horisontalmente á distancia de 50^m.

Para que a medição seja sempre feita no plano horisontal, devemos procurar realisar o horisontalismo do fio ao pregar as estacas *S* e *S'*, possuindo os alvos *L* e *L'* disposição para poderem ser fixados a differentes alturas das estacas que os supportam. [1]

§ 4 — CADEIA METRICA

119 — Descripção do apparelho. — Compõe-se a cadeia, de fusis de ferro de $0^m.2$ de comprimento e que se recurvam nas extremidades para serem abraçados por um annel do mesmo metal, excepto na marcação dos metros em que os anneis são de cobre ou latão.

A cadeia pode ser de 10^m ou 20^m e, em qualquer dos casos, em cada extensão de 5^m, a marcação é differente da que a antecede ou segue, para facilidade de contagem. Os ultimos fusis da cadeia, menores que os outros, teem argolas cujos comprimentos são respectivamente contados nas grandezas d'aquelles fusis.

Acompanham a cadeia 10 fichas de $0^m.25$ a $0^m.30$ de altura, hastes de ferro terminando em ponta em uma das extremidades e em annel na outra.

Servem estas fichas, como veremos, para serem espetadas no terreno por cada vez que sobre elle se transporta um comprimento da cadeia.

120 — Emprego da cadeia. — Querendo transportar

---

[1] Vidé no Livro II o § 2 do capitulo relativo a «Avaliação de distancias.

para o terreno e n'uma dada direcção, uma distancia de 10^m ou 20^m a partir de um certo ponto assignalado por uma bandeirola, um dos medidores segura o extremo da cadeia com a mão direita e colloca-se, á distancia do braço, junto d'aquelle signal. O outro medidor segurando egualmente o outro extremo e uma bandeirola, caminha aproximadamente na direcção dada, até ficar bem tensa a cadeia; em seguida, mantendo a bandeirola aprumada, toma-a por dois dedos da mão direita, encosta-a á pega da cadeia que retem com a mão esquerda e desloca-se por signaes do outro medidor, até estar na direcção dada. N'essa occasião deixa cahir a bandeirola que marcará no terreno a distancia desejada, podendo uma das fichas ficar marcando o terminus, em substituição d'essa bandeirola.

§ 5 — FITAS D'AÇO OU TELA E SONDAREZA

121 — Descripção e uso da fita d'aço.—A fita representada na Fig. 52, é um decametro d'aço de quinze a dezeseis millimetros de largura, dividido em metros e decimetros, e munido, nas extremidades, de pégas cujo comprimento está incluido no decametro. Tem sobre a cadeia a vantagem de ser de mais facil manejo, não formando nós, mas presta-se pouco a medições em terreno muito coberto de obstaculos.

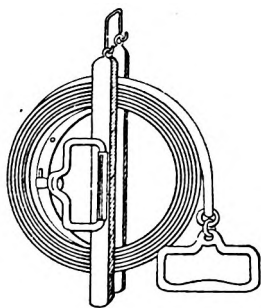



Fig. 52 — Fita d'aço

Quanto ao uso, veja-se o que foi dito para a cadeia metrica.

122 — Descripção e uso da fita de tela. — E' sobejamente conhecida essa fita para que estejamos a descreve-la. Quanto ao modo de a empregar no transporte das distancias para o terreno, é applicavel o que dissemos para a cadeia metrica.

123 — Descripção e uso da sondareza. — A linha de sondareza, graduada em metros, serve com vantagens nas medições pouco extensas e á falta de apparelho de maior rigor nos resultados.

Deve-se para esse fim escolher linha usada, verificando as graduações sempre que tenham de servir. A linha substitue assim uma fita metrica, observando-se analogos preceitos de emprego.

§ 6 — PODOMETRO E CYCLOGRAPHO

124 — Descripção e uso dos podometros. — Afim d'evitar a fadiga na contagem dos passos ao percorrer uma dada distancia, existem instrumentos proprios que registam o numero d'esses passos, bastando, nos casos geraes, effectuar o producto d'esse numero pelo valor calculado do passo medio do medidor, para assim obter, com alguma aproximação, a distancia percorrida.

O *podometro* tem a forma de um relogio de algibeira, no qual um systema de rodas dentadas dá movimento a tres ponteiros dos quaes, dois registam as centenas e os milhares de passos andados. Liga-se por meio de suspensorios apropriados a uma das pernas do observador, e o movimento d'esta, em cada passo, transmitte-se a um balanceiro que, por seu turno, põe em movimento o systema de rodas dentadas.

Alguns podometros são hoje construidos de forma a poderem funccionar quando transportados nos bolsos: para isso, a cada abalo transmittido ao instrumento, em virtude da marcha, o balanceiro, cujo peso está equilibrando uma mola de força conveniente, faz uma oscillação de amplitude determinada e que se communica ao ponteiro.

Comprehende-se que o mostrador pode ser graduado para um certo comprimento do passo, dando immediatamente em metros o caminho percorrido; mas, nos casos geraes, o podometro é simples *conta-passos*, havendo necessidade de o medidor calcular previamente o comprimento medio do seu passo, fazendo varias experiencias em terrenos de natureza differente.

125 — Descripção e uso do cyclographo. — O cyclographo é o instrumento registador das voltas dadas pela roda de um vehiculo á qual se adapte; conhecido o desenvolvimento da respectiva circumferencia, facil é obter a distancia percorrida pelo vehiculo.

Capitulo II. — Instrumentos de medição indirecta

§ 1 — PRINCIPIOS DE STADIMETRIA E TELEMETRIA

126 — Ideias geraes sobre os processos stadimetrico e telemetrico; sua distinção. — Na medição directa é, como vimos, indispensavel percorrer a distancia a medir, o que nem sempre é possivel nem facil, quando se trate de ligar pontos inaccessiveis ou separados por obstaculos diversos; recorre-se então em taes casos, a meios indirectos que fornecem o valor das distancias, consistindo esses meios, na sua maioria, em considerar uma resolução de triangulos, buscando com instrumentos proprios, os indispensaveis elementos. [1]

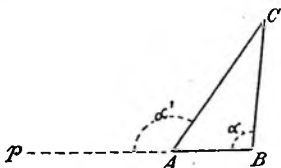
Fig. 53

Entre os muitos processos para medição de distancias indirectamente, figuram, como dos mais usuaes, o stadimetrico e o telemetrico que se resumem na resolução de um triangulo rectangulo com um catheto muito pequeno e conhecido. E' a posição d'este catheto relativamente aos logares de observação, que torna distintos os dois processos apontados.

Fig. 54

No stadimetrico, Fig. 53, conhecidos o catheto AB e o angulo C, obtem-se a distancia BC.

No telemetrico, [2] Fig. 54, conhecidos o catheto AB e os angulos α e α' (para calculo de C), obtem-se a distancia BC.

---

[1] Os processos de medição indirecta não incluidos n'este cap., serão estudados no Livro II.

[2] Na pratica dá-se uma tolerancia até 3° no valor do angulo α, theoricamente egual a 90°; d'aqui a necessidade de determinação dos dois angulos α e α', para ter com o possivel rigôr, o valor de C.

Para emprego do primeiro processo, é necessario que os pontos C e B sejam accessiveis; ao passo que para applicar o segundo, pode C ser inaccessivel.

127 — Stadias; suas especies. — Chama-se *stadia* a todo o instrumento munido dos necessarios accessorios para obter indirectamente distancias pelo processo indicado na Fig. 53. Classificam-se em *stadias de base constante e base variavel.*

Dentro de cada grupo podem admittir-se as especies seguintes:

Stadia de base variavel (typo usual): alidade e mira

Stadias de base constante (typos usuaes)	Sextante e mira Theodolito e mira Stadia sem oculo e o oculo do Estado Maior.

Nos §§ 2 e 3 d'este capitulo, estudaremos cada uma das especies apontadas.

128 — Telemetros; suas especies. — Telemetro propriamente dito, é todo o instrumento que fornece indirectamente as distancias pelo processo indicado na Fig. 54. Os telemetros podem classificar-se em dois grupos distintos: um dos grupos exige que se faça a medição directa da base AB, obtendo-se então a distancia BC pelas observações dos angulos α' e α, respectivamente em A e B; o outro considera a base AB no proprio instrumento, obtendo-se ainda a distancia BC pelas observações dos angulos α' e α.

Do primeiro grupo citaremos o telemetro de Gaumet e como typo do segundo, fallaremos do telemetro de Barr & Stroud, empregado hoje a bordo nas applicações da artilharia. Concluiremos por fim o nosso estudo, indicando o meio de usar do sextante para obter distancias pelo processo telemetrico.

§ 2 — STADIAS DE BASE VARIAVEL

129 — Theoria da luneta stadimetrica. — Supponhamos uma luneta astronomica munida de dois fios parallelos dispostos no reticulo e sejam r e r', Fig. 55, os extremos d'esses fios separados pelo intervallo i.

Considerando O a objectiva e R uma regua graduada dis-

posta parallelamente ao plano do reticulo e perpendicularmente aos fios, obteremos, visando pela ocular, uma porção m da regua, abrangida pelos fios r e r' do reticulo. Se cha-

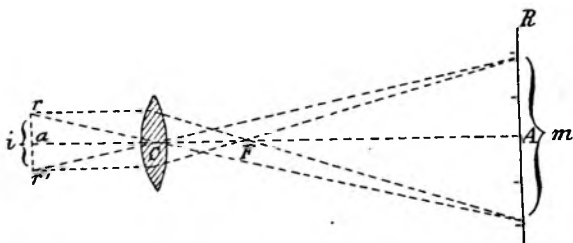



Fig. 55

marmos Δ e δ respectivamente ás distancias OA e oa e designarmos por f a distancia focal principal, será:

$$\frac{\Delta}{m} = \frac{\delta}{i}$$

variando m principalmente com a distancia Δ (1) e sendo $\frac{\Delta}{m}$ uma quantidade variavel, por isso que δ não é constante (2); não ha, pois, proporcionalidade entre Δ e m.

Comparemos a expressão anterior com a formula $\frac{1}{\delta} + \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{f}$ das lentes biconvexas, teremos:

$$\frac{\Delta - f}{m} = \frac{f}{i}$$

e como f e i são quantidades constantes, conclue-se, que ha proporcionalidade entre a distancia $\Delta - f$ da regua ao foco

---

(1) D'aqui o dizer-se de *base variavel* a stadia que emprega o processo descripto.

(2) Como se sabe, a distancia δ de uma imagem á lente, varia na rasão inversa do affastamento Δ do objecto observado, segundo a lei seguinte:

$$\frac{1}{\delta} + \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{f}$$

anterior da objectiva e o comprimento m, chamado *numero gerador*, abrangido pelos fios do reticulo.

Da expressão acima tira-se, designando por β o valor constante $\frac{f}{i}$:

$$\Delta - f = \beta m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

d'onde concluimos a relativa facilidade de graduar a regua R, de forma a podermos, pelo comprimento m, obter immediatamente a distancia da regua ao fóco anterior da objectiva.

130 — Alidade e mira. — Nos trabalhos topographicos, desempenha um papel importante a prancheta (n.º 99), quando para a alidade respectiva, munida de luneta stadimetrica, graduarmos regua propria. Essa regua, Fig 56, chamada *mira da alidade*, é de madeira bem secca e leve, de 3^m a 4^m de comprido e cerca de $0.^m1$ de largura; n'uma das faces tem graduação propria, obtida como será indicado e na outra, ou lateralmente, uma pega ou manipulo para conveniente manobra da mira. Algumas d'essas reguas são destinadas a servir verticalmente, tendo para esse effeito um nivel espherico em logar apropriado para ser visto pelo *porta mira*; outras e hoje as mais geralmente em uso, são destinadas a servir perpendicularmente á pontaria da luneta da alidade, devendo para isso a regua ser munida de visôr proprio que auxilie o porta-mira a procurar tal posição.

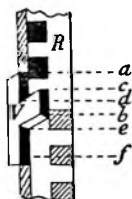



Fig. 56 — Mira da alidade

R — parte graduada.
V — visôr em esquadro, comprehendendo as faces:
fe, bc e da, pintadas de preto;
eb e cd, pintadas de branco.

Consegue-se isso facilmente, adaptando lateralmente á mira, do lado direito de quem a manobra e á altura de $1.^m5$ da base, uma peça como a indicada em V na Fig. 56.

Quando o observador, olhando para a mira, veja na posição do quadro uma faixa preta continua, está realisado o perpendicularismo; quando, porém, a faixa mostre alguma porção branca, é evidente que a regua não está na direcção perpendicular á pontaria, havendo uma inclinação da mira para a parte anterior ou posterior, segundo a collocação do branco visto pelo observador, a quem é assim dado um meio de ordenar a rectificação de posição da regua. Por outro lado, o porta-mira, olhando por face do esquadro normal á regua, procura realisar o necessario perpendicularismo.

131 — Graduação da mira. — Vimos no n.º 129, que seria facil graduar, para uma dada alidade, a mira respectiva, referindo as distancias ao foco anterior da objectiva; nos trabalhos topographicos, porém, não são essas as distancias que se pretendem, mas sim as distancias da mira ao centro da alidade. Para que as graduações da regua nos forneçam taes elementos, poderemos proceder por qualquer dos meios seguintes:

Fig. 57

f_2 — é o traço medio;
mm' — o esquadro;
M,M — os manipulos.

1.º *Graduar a mira referindo as distancias ao foco anterior da objectiva e sommar ao elemento fornecido uma correcção egual a* $\frac{3}{2}f$, correcção que representa aproximadamente a distancia d'aquelle foco ao centro da alidade ([1]). Eis como se poderá proceder áquella operação:

Em terreno bem direito e quanto possivel horisontal, mede se, a partir da projecção do fóco anterior da objectiva ([2]), uma distancia de 100^m (ou pelo menos de 50^m) com fita metrica, usando do possivel rigôr. A alidade estando a uma altura de 1^m.5 do solo e bem rectificada (n.º 105), é supposta sobre a prancheta. No outro extremo da linha medida se colloca a mira, pintada de branco na face a graduar e já munida de visôr como o indicado na Fig. 56.

Posta a regua normalmente á pontaria e convenientemente illuminada, aponta-se com o fio central a um traço (previamente feito na mira) á altura da parte central do esquadro e portanto a 1^m.5 da base da regua; a luneta não tendo parallaxe optica.

E' preciso então que uma outra pessoa munida de lapis bem aparado, com elle percorra a mira para um e depois para

---

([1]) Como dissemos no n.º 19, a distancia focal da objectiva representa, sempre muito aproximadamente, o comprimento da luneta; a vertical do centro do instrumento, portanto, passando muito proximo do meio do oculo, distará do foco anterior da objectiva de um comprimento aproximadamente egual a $\frac{3}{2}f$.

([2]) A vertical d'esse fóco dista aproximadamente da objectiva, como dissemos, de um comprimento egual ao da luneta da alidade.

outro lado da linha central, segundo as indicações de quem observa e até que este ordene a marcação, sobre a face da regua, dos pontos de projecção dos fios extremos do reticulo. Se a distancia medida foi de 100^m, divide-se cada um dos intervallos, do traço medio aos pontos determinados, em dez partes eguaes, continuando essas divisões para cada um dos extremos da regua.

Podem-se tambem estabelecer lateralmente, umas subdivisões d'essas, obtidas como foi indicado.

A Fig. 57 representa o modelo das miras usadas na Escola Naval e um exemplo d'uma determinação de distancia.

As divisões a tracejado correspondem ás pintadas a vermelho no modelo e as pretas á pintura a preto.

Tomando um exemplo, vejamos agora como, com a mira graduada, se obteria a distancia a um dado ponto de estação da regua. Apontada a luneta e postos em coincidencia o fio central do reticulo e o traço medio da mira, observou-se a disposição indicada na Fig. 57:

CC' — porção da regua abrangida no campo da luneta.

f_1, f_2, f_3 — projecções dos fios do reticulo.

Leitura estimada correspondente a f_1	55^m
» » » » f_3	57^m
Media ou distancia da mira ao foco anterior. . . .	56^m

Se quizessemos então obter a distancia referida ao centro do instrumento, teriamos de juntar áquelles 56^m o valor de $\frac{3}{2}f$, correcção que geralmente se despreza quando a distancia focal da objectiva é pequena.

NOTAS. — A cada alidade corresponde, como vimos, uma mira propria; é conveniente, portanto, escrever na parte superior da mira o sufficiente para indicar a alidade a que pertence.

Se, por exemplo, a um mesmo instrumento A_2 correspondem tres miras, poderão estas ser marcadas no topo da parte graduada, respectivamente pelos seguintes caractéres indicativos: $\overset{A}{I}{}_2$, $\overset{A}{II}{}_2$, $\overset{A}{III}{}_2$.

— A graduação poderia ter sido feita a partir de um para o outro extremo da mira e não do centro para os lados, como foi indicado; mas ha, facil é proval-o, grandes vantagens adoptando este ultimo proceder: *a)* Feita a graduação como anteriormente se ensinou, o valor que se procura é obtido pela semi-somma das leituras correspondentes ás pontarias dos dois fios extremos, operação que se faz mentalmente com mais

facilidade, entre numeros muito proximos, do que a de uma differença entre dois numeros affastados um do outro, como seria no caso da graduação ser toda no mesmo sentido; *b)* facil verificação das leituras feitas, por isso que sendo a operação bem executada, os dois numeros devem ser de valores eguaes ou muito aproximados; *c)* facil remedio para o caso de se não ver a parte inferior da regua, recorrendo á medição feita com o fio superior, depois de bem ajustado o medio ao traço central da mira, não sendo assim necessario que haja a perfeita equidistancia dos fios, como no caso de se querer resolver egual problema, usando de mira graduada segundo um unico sentido.

2.º *Graduar a mira separadamente para cada distancia, de forma a obter-se sempre um elemento referido ao centro da alidade.* — Dispostas as coisas de forma analoga á apontada no caso anterior, quanto á collocação da prancheta, escolha do terreno e preparação da regua, meçam-se, á fita metrica, duas distancias differentes: 50^m e 100^m, por exemplo, a partir do centro do instrumento. Collocada a mira, como foi dito, nos extremos de cada uma das linhas medidas, marquem-se os pontos de projecção dos fios, superior e inferior do reticulo, medindo depois os comprimentos m_1 e m_2 abrangidos na regua; teremos assim em virtude da expressão (1) a paginas 116; e do que dissemos na nota do fim da pagina 117:

$$50^m - \frac{3}{2} f = \beta\, m_1$$

$$100^m - \frac{3}{2} f = \beta\, m_2$$

expressões pelas quaes determinamos os valores das constantes f e β, ficando assim habilitados a calcular pela formula geral:

$$D - \frac{3}{2} f = \beta\, m$$

na qual D representa a distancia da regua ao centro do instrumento, os valores de m correspondentes a varias distancias arbitradas, valores que nos servirão para graduar convenientemente a mira.

3.º *Graduar a mira, referindo as distancias ao centro do instrumento, empregando a luneta anallatica.* — Chama-se *centro de anallatismo* a um ponto tal como *F*, Fig. 55, a par-

tir do qual os comprimentos *FA* são proporcionaes ás grandezas *m* abrangidas pelos fios de reticulo (n.° 129).

E' evidente que, se houver disposição especial que permitta transportar esse ponto para o centro do instrumento, teremos um meio facil de graduar a mira, obtendo, pela leitura, immediatamente a distancia referida a este ultimo ponto. Consegue-se este fim, munindo a luneta de nova lente disposta convenientemente entre a objectiva e o seu foco posterior. Tal é, em resumo, o principio da *luneta anallatica* empregada em alguns theodolitos especiaes (n.° 263).

132 — Vantagens do uso da mira normalmente á pontaria. — O erro de uma avaliação a stadia, depende de varias circumstancias: grau de ampliação da luneta, aflastamento dos fios extremos, má graduação da mira, falta de perpendicularismo da mira á pontaria e ainda da parallaxe optica no acto da medição.

Usada a mira como dissemos, isto é, dispondo-a normalmente á direcção da pontaria feita com a alidade, os erros devidos a um desvio na posição exacta da mira, são menores do que os que se originariam para um mesmo desvio, usando a mira verticalmente; d'aqui uma primeira vantagem que recommenda a pratica por nós adoptada.

Alem d'essa vantagem, uma outra e a mais importante, dá a preferencia ao emprego da mira normalmente á pontaria: referimo-nos á possivel verificação feita pelo observador, utilisando o esquadro addicional de que fallámos (n.° 130), verificação que se torna impossivel de realisar considerando o verticalismo da regua.

133 — Correcções a applicar ás distancias medidas com a alidade e mira. — Além da correcção egual a $\frac{3}{2} f$ que se applicará, quando convenha (n.° 131), ás distancias obtidas com a alidade e mira, sendo esta graduada pelo processo 1.°) do n.° 131, outras correcções ha a introduzir no valor d'essas distancias, sempre que se queiram utilisar os elementos fornecidos, nos trabalhos subsequentes que completam a topographia. As medições feitas dariam immediatamente os valores das distancias entre as verticaes passando pelo centro da alidade e pela mira, se o terreno em que se executam as operações fosse horisontal; nos casos geraes, porém, esse terreno tem uma dada inclinação e o ele-

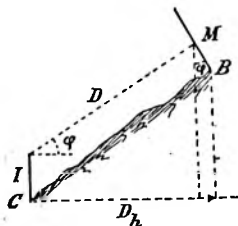



Fig. 58

mento a aproveitar é a distancia horisontal entre a vertical do centro da alidade e a base da mira. Suppondo, Fig. 58, *I* o instrumento e *M* a mira, será D_h o elemento requerido correspondente á distancia *BC*. Chamando *D* á distancia obtida pela stadia, será evidentemente:

$$D_h = D \cos \varphi \pm 1.^m5 \operatorname{sen} \varphi$$

sendo φ a inclinação da pontaria, dada no limbo vertical da alidade.

a) *Achar o valor D cos* φ — ou, como se diz vulgarmente: *reduzir a distancia D ao horisonte.*

Empregando as taboas do ponto (collecção Banhos, Fontoura, Norie, etc.) facil é obter o valor *D cos* φ, entrando n'essas taboas com φ como rumo e *D* como distancia; o valor obtido na columna da differença de latitudes será o pedido.

— Empregando a tabella do sr. Campos Rodrigues, que com maior rigôr dá *D cos* φ, conhecidos *D* e φ. A taboa I do Appendice, é extrahida d'aquella. Essa taboa dá-nos o valor *D (1 — cos* φ*)* da seguinte identidade:

$$D \cos \varphi = D - D\,(1 - \cos \varphi)$$

Exemplo: Para $D = 45^m$ e $\varphi = 21°10'$, obtem-se por uma simples interpolação $3.^m04$; portanto:

$$D \cos \varphi = 45^m - 3.^m04 = 41.^m96$$

NOTAS — Como na pratica da hydrographia bastará, a maior parte das vezes, tomar a correcção em metros exactos, a interpolação na taboa I far-se ha á simples vista.

Quando a distancia fôr superior a 100^m, a reducção será feita por parcellas.

b) *Obter a correcção* $\pm 1.^m5 \operatorname{sen} \varphi$. — Empregando as taboas do ponto (collecção Banhos, Fontoura, Norie, etc.) facil é obter o valor d'aquella correcção, entrando nas taboas com φ como rumo e *D* como distancia; na columna do apartamento encontraremos o desejado valor.

134 — Theodolito e mira como stadia de base variavel. — Sendo o reticulo de um theodolito munido de fios proprios, como dissemos para o caso da alidade eclimetro, poderemos empregar aquelle instrumento como stadia de base variavel, construindo mira apropriada. Todas as considerações atraz feitas, são applicaveis ao caso do theodolito.

O modelo de Troughton, que hoje possue a Escola Naval, tem disposições para effeitos stadimetricos, podendo esse theodolito entrar no grupo dos tacheometros (n.º 54).

§ 3 — STADIAS DE BASE CONSTANTE

135 - **Considerações previas.** — Nas stadias de base constante, é ainda a mira o accessorio indispensavel constituindo essa base; mas, agora, ha a considerar um mesmo comprimento, tornando-se desnecessarias as graduações. Uma mesma grandeza *AB*, Fig. 53, collocada a differentes distancias do instrumento estacionado em *C*, pode fornecer-nos o valor do catheto *BC;* a forma de o obter é que varia conforme o instrumento empregado.

136 — **Sextante e mira.** — Construindo uma mira especial, Fig. 59, formada essencialmente por dois alvos affastados um do outro de 3^m e usando da taboa II do Appendice,

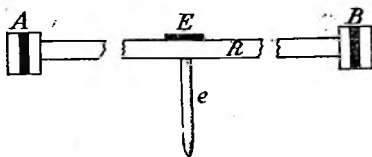



Fig. 59 — Mira do sextante

R — regua de pouco mais de 3^m de comprimento.

A,B — faixas respectivamente vermelha e preta, pintadas em alvos de $0^m.4 \times 0^m.6$. E' de 3^m a distancia entre as linhas medias d'aquellas faixas.

e — estaca de supporte da mira, com $1^m.5$ dealtura.

E — esquadro addicional como o da mira da alidade (Fig 56, letra V) para o porta-mira dirigir a pontaria normalmente para o observador, verificando este a observação.

facil é obter a distancia entre dois pontos, observando de um d'elles, com o sextante, a mira collocada no outro e disposta horisontal ou verticalmente.

N'essa taboa é φ o angulo observado no sextante, levando á coincidencia as faixas *A* e *B*, Fig. 59, e *D* a distancia procurada. *Exemplo:* Para $\varphi = 2° \ 5'$ é $D = 82^m.5$.

137 — **Theodolito e mira.** — Se a luneta de um theodolito puder ter movimentos lentos dados por um parafuso

micrometrico, facil é obter a distancia entre dois pontos, estacionando n'um d'elles esse theodolito e no outro uma mira propria, com dois traços separados por intervallo conveniente. Supponde de um metro, por exemplo, esse intervallo e se tiver sido n o numero de voltas e decimos de volta, de que foi necessario fazer girar a cabeça d'aquelle parafuso, para que a pontaria da luneta se deslocasse de um traço ao outro da mira collocada a 100^m do centro do instrumento e normalmente a uma das pontarias feitas, teremos:

$$100\,n = x\,n'$$

sendo n' o numero de voltas e decimos de volta, de que é preciso fazer girar a cabeça do parafuso, para se obter o deslocamento da pontaria de um traço ao outro da mira collocada á distancia x, e ainda normalmente a uma das pontarias a executar. D'aquella expressão tira-se:

$$x = \frac{100\,n}{n'}$$

Exemplo: Collocada a mira a 100^m, obteve-se o deslocamento da pontaria, fazendo girar a cabeça do parafuso de 3.6 voltas. A que distancia estará o theodolito da mira, sabendo se que aquelle deslocamento se obteve com 2.4 voltas?

$$x = \frac{360^m}{2.4} = 150^m$$

NOTA. — Para o modelo do theodolito Max que existe na Escola Naval, foi construida mira propria pela qual poderemos obter distancias, seguindo os preceitos expostos n'este numero. A mira é munida, como a da alidade eclimetro, de um visôr I' (fig. 56), á distancia de $1^m.5$ da base. Um traço central, á altura do visôr e dois outros a eguaes distancias d'aquelle, permittem obter resultados bastante aproximados, realisando um par de observações, para determinação de cada um dos valores n e n' da expressão que dá x.

138 — Stadia sem oculo e oculos do Estado Maior. — O processo de medir distancias pela observação do angulo correspondente a uma base constante, pode ter uma solução grosseira com o emprego das stadias sem oculo, das quaes apresentaremos como typo o modelo existente na Escola Naval, modelo que se resume n'uma placa de metal com fenda

em trapezio, vendo-se nos lados maiores d'esse trapezio, uma graduação correspondente á distancia a que pode ser vista uma dada grandeza atravez da fenda, disposta a placa normalmente á direcção do raio visual e affastada do olho um determinado comprimento. A base (grandeza visada) é a altura normal de um infante ou de um cavalleiro e para que o intervallo que separa a placa da vista, seja o conveniente e sempre, aproximadamente, o mesmo, existe preso á mesma placa um cordel que marca, quando tenso, o affastamento requerido.

— Se fôr de vidro o reticulo de uma luneta e sobre elle gravarmos varios traços parallelos e a distancias convenientes, poderemos, dirigida á pontaria para um objecto de dada grandeza, obter a distancia a que esse objecto está da luneta, procurando os traços entre os quaes fica abrangida aquella grandeza, desde que tenhamos conhecimento da graduação adoptada. E' assim que são construidos os oculos do Estado Maior, stadias que tomam como base a altura de um infante ou cavalleiro.

139 — Correcções a applicar ás distancias obtidas com as stadias de base constante. — As stadias descriptas no n.º anterior, não podemos, nem seria necessario, applicar as considerações expostas no n.º 133, já porque ellas nos não fornecem o valor da inclinação φ, já emfim porque sendo as distancias obtidas por processo grosseiro, pouco adeantaria o trabalho tido na reducção d'aquellas distancias ao horisonte. Adoptado o sextante e mira, seria necessario, para applicação das devidas correcções, conhecer a inclinação do plano de medição sobre o horisontal, o que na maioria dos casos não é facil de obter. O sextante como stadia é empregado especialmente nos trabalhos expeditos que dispensam grandes aproximações.

Das stadias apontadas, só ao theodolito e mira se podem applicar, com vantagem, as correcções de que fallámos no n.º 133, feitas analogas considerações. A inclinação φ (fig. 58) será a inclinação da luneta quando dirigida para o traço central, (Nota ao n.º 137).

§ 4 — TELEMETROS

140 — Telemetro de Gaumet. — Descripto este instrumento quando tratámos dos esquadros de reflexão (n.º 111), resta-nos ver agora como com elle se obteem as distancias.

Supponhamos, Fig. 54, *BC* a distancia a determinar.

Posta a cabeça do parafuso em coincidencia com o zero

da graduação e estacionando em *B*, espete-se a grande distancia uma bandeirola (ou escolha-se ponto natural quando o haja), que determine, unida a *B*, uma direcção *Bp* perpendicular a *BC*. (1) No alinhamento *Bp*, meça-se directamente uma base *BA* não inferior a $^1/_{50}$ da distancia avaliada á simples vista, servindo para essa medição uma linha de 10^m que, enrolada n'uma bobina, constitue accessorio do instrumento.

Estabelecida a base *AB*, volte-se de novo a *B* e ahi se observará com o telemetro, levando, com o possivel rigôr, á coincidencia os pontos *p* e *C* e registando o numero de divisões indicadas pelo parafuso micrometrico na actual posição. Desloquemo-nos depois para *A*, conseguindo no instrumento a coincidencia dos mesmos pontos, para o que será necessario mover o parafuso micrometrico. Registada a nova leitura das divisões agora indicadas, faremos a differença *n* das duas leituras obtidas. Se chamarmos *c* á distancia do eixo da alidade (*Oa*, n.º 111) ao do parafuso micrometrico, é: (2)

$$BC = \frac{AB}{2n} c$$

ou, em geral:

$$D = \frac{b}{2n} c$$

sendo *b* a base medida e *D* a distancia a determinar.

Na tampa inferior da caixa do telemetro, vê-se uma tabella

---

(1) Para estabelecimento d'essa direcção, dá-se praticamente uma tolerancia até 3º, o que não influe sensivelmente nos resultados obtidos.

(2) Da Fig. 54, tira-se:

$$AB = BC \operatorname{tg} (\alpha' - \alpha)$$

No instrumento, dado o deslocamento *n* de parafuso, será:

$$n = c \operatorname{tg} \frac{\alpha' - \alpha}{2};$$

mas como o angulo $\alpha' - \alpha$ é muito pequeno, poderemos considerar $tg\ (\alpha' - \alpha) = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha' - \alpha}{2}$; e portanto:

$$BC = \frac{AB}{2n} c$$

que é a resolução da formula anterior, supposta uma base constante de 20^m.

Como c é constante para um dado instrumento, essa tabella dá immediatamente o valor de D correspondente a um dado valor n obtido pela differença das leituras nas observações feitas em B e A.

NOTAS. — Podem as indicações d'esta tabella servir para o caso em que a base medida seja multipla da base adoptada: 20^m, bastando multiplicar os dados da tabella pelo numero de comprimentos de 20^m medidos de B para A, para se ter assim a distancia pedida. Com este simples artificio, continuaremos respeitando o que atraz foi dito sobre a necessidade de escolher base não inferior a $^1/_{50}$ da distancia a determinar; só assim os resultados obtidos serão sufficientemente aproximados.

— Quando não haja ponto bem definido e affastado, á esquerda da direcção a avaliar em distancia e proximamente a 90° d'esta, pode-se escolhe-lo para a direita. O angulo pode, praticamente, como dissémos, ser differente de 90° dentro de um limite de 3°, o que dá maior latitude aquella escolha; mas se não existir um ponto nas condições apontadas, ter-se-ha de estabelecer um signal artificial (uma bandeirola, por exemplo) o mais distante possivel.

141 — Telemetro de Barr & Stroud. — Como dissemos no n.° 128, este telemetro considera a base conhecida, no proprio instrumento; essa base é a linha que une os centros dos espelhos *ee'*, Fig. 60, e á qual se dá o comprimento de $1^m.371$.

Pela inspecção das figs. 60 e 60-A e elucidações que se lhes seguem, podemos fazer uma ideia de tal instrumento.

abcd — tubo cylindrico com aberturas por onde passam os raios como C e C', do objecto visado e cuja distancia ao instrumento se pretende.

ee' — espelhos que reflectem os raios C, C'.

l, *l'* — lentes.

E, E' — espelhos centraes que reflectem de novo os raios C e C', dirigindo-os pela ocular O, para o observador.

P — prisma tendo por fim dar a coincidencia das imagens, podendo para isso deslocar-se dentro do cylindro, aproximando-se ou affastando-se do espelho e'; a esse prisma se liga a escala R das distancias, deslocando-se o systema por intermedio de uma cabeça dentada que existe exteriormente e pela parte superior do tubo *abcd*. A Fig. 60-A mostra-nos como nas duas posições P e P'

do prisma, o feixe luminoso segue differente direcção; o maior ou menor affastamento entre o prisma e espelho *e'*, levará os raios á conveniente incidencia no espelho *E'*, de modo a dar-se a coincidencia das imagens na ocular *O*.

O, O' — oculares, servindo *O* para, com o olho direito, verificar a coincidencia das imagens obtidas, manobrando a

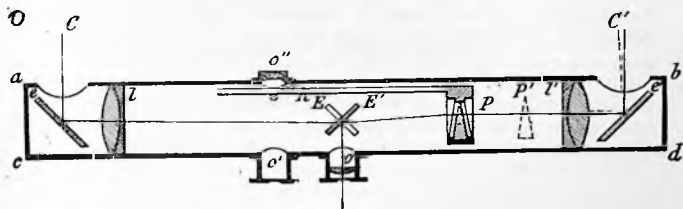



Fig. 60 — Telemetro de Barr & Stroud

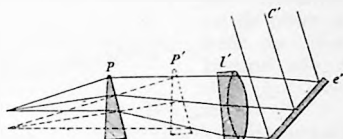



Fig. 60-A

cabeça dentada de que fallamos; e *O'* para, usando do olho esquerdo, fazer a leitura da distancia na escala *R*.

O'' — objectiva de um pequeno oculo cuja ocular está collocada inferiormente a *O'*. Serve esse oculo para procurar o objecto cuja distancia se pretende, levando-o a ser visto no campo da ocular *O*.

NOTAS. — Varios outros accessorios possue o instrumento e cuja descripção pode ser lida em folhetos especiaes, [1] tratando do assumpto.

— A primeira divisão da escala, corresponde á distancia inicial de 250 jardas (228.^{m}6) e a ultima ao infinito.

— Para empregar o instrumento, proceda-se como indicamos: — Usando do oculo, procure-se ver o objecto cuja dis-

[1] Citamos, como dos mais completos, um, em hespanhol, sob o titulo : *El telémetro de Barr y Stroud* — Setembro de 1898.

tancia se pretende, levando a imagem d'elle ao meio do campo do mesmo oculo. Fazendo por fim a coincidencia das imagens parciaes na ocular da direita, leia-se a distancia com o olho esquerdo em *O'*, Fig. 60.

142 — Emprego do sextante como telemetro. — Em distancias grandes e sobretudo entre pontos dos quaes um é inaccessivel, o sextante pode desempenhar as funcções de um telemetro tal como o de Gaumet, em que ha necessidade de medição de uma base; é comtudo conveniente, em vista de serem relativamente pouco aproximadas as indicações do nonio, e para aproveitamento da taboa II do Appendice, medir bases de 30^m e seus multiplos. Adoptada aquella grandeza, bastará multiplicar por 10 os numeros obtidos na citada taboa, para termos, correspondente a um mesmo angulo, a distancia que se deseja.

PARTE QUARTA

MEDIÇÃO DE ALTURAS

Capitulo I. — Miras de niveis

§ 1 — CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

143 — Noções geraes. — Nivel propriamente dito, é, como se sabe, o instrumento destinado a dar direcções horisontaes. Se a tal instrumento dermos por accessorio uma regua graduada — *mira de nivel* — teremos um meio facil de obter a differença linear de alturas entre dois pontos não muito affastados, horisontal e verticalmente [1].

Fig. 61

Estacionando um nivel entre os pontos A e B, Fig. 61 e collocada uma mira successiva e verticalmente em cada um d'esses pontos, a differença linear de alturas ou differença de nivel entre aquelles pontos, poderá ser obtida, feitas as leituras L_r e L_a nos pontos em que a pontaria horisontal encontra a mira em cada uma das posições consideradas.

Com effeito, tem-se, Fig. 61:

$$Ab = L_r - L_a$$

144 — Differentes typos de miras. — A mira de nivel é ordinariamente uma regua graduada de madeira. Existe uma grande variedade d'essas miras, distinguindo-se os typos por disposições accessorias; mas, como não offerece particu-

---

[1] E' necessaria a proximidade horisontal para que possamos considerar parallelas as verticaes que passam pelos pontos escolhidos. O grande affastamento em altura, obrigaria ao emprego de reguas de dimensões exageradas.

lar vantagem a descripção circumstanciada de cada um d'esses typos, descreveremos apenas as miras de *alvo* e *fallante*, como sendo as de uso mais corrente nos trabalhos de topographia.

§ 2 MIRAS DE ALVO E FALLANTE

145 — Mira de alvo. — Tem esta mira sobre a *fallante* a vantagem de servir para maiores distancias, pela grande visibilidade do alvo; apresenta, porém, a desvantagem de serem os deslocamentos do alvo ordenados pelo observador que, junto ao nivel, determina a direcção horisontal; d'aqui, em certos casos, a difficuldade de precisar a conveniente posição do alvo, para que a leitura, feita então pela porta-mira, corresponda, com o necessario rigôr, á pontaria executada. Pelo que dissemos, se conclue que a mira d'alvo só poderá ser recommendada em trabalhos expeditos abrangendo grandes extensões de terreno.

Consta a mira de alvo essencialmente de uma regua de madeira bem secca, graduada em centimetros na face opposta áquella por onde deslisa o alvo quadrangular, metallico ou de madeira, dividido em quatro rectangulos ou quadrados, pintados dois a dois de côr diversa.

A regua tem usualmente o comprimento de 2^m; quando porém a mira seja destinada a medir maiores differenças de altura, uma segunda regua, escorregando em ranhura propria, permitte augmentar o comprimento da mira até $4.^m$

Possue a Escola Naval um modelo de mira do typo descripto, bastando a simples inspecção d'esse modelo, para completo conhecimento d'elle.

146 — Mira fallante. — E' esta a mira naturalmente indicada para os trabalhos de precisão e pode prestar bons serviços nos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia.

E' formada geralmente por duas reguas (de 2^m de comprimento cada uma e cerca de $0.^m12$ de largo) feitas de madeira muito secca e convenientemente malhetada ao revez do fio, por forma a evitar, quanto possivel, os empenos. Uma das reguas pode correr ao longo da outra ou dobrar por uma charneira, com o fim de se reduzir, principalmente no transporte, a grandeza da regua total. A graduação que tem de ser muitissimo perfeita e exacta, em medidas metricas (entre nós em metros, decimetros, centimetros e ás vezes até millimetros) começa de baixo para cima e os numeros são invertidos para que, na leitura feita com a luneta astronomica de um nivel de

oculo (n.º 153), vejamos os mesmos numeros na posição devida.

A Fig. 62 representa a parte de uma mira fallante, junto á dobradiça, suppondo a regua a todo o comprimento. E' uma mira do modelo usado pela nossa antiga Commissão dos trabalhos geodesicos do reino. A graduação é feita por grupos de cinco pequenas divisões, dispostos os grupos alternadamente de um e outro lado da meia face da regua e pintadas as divisões, como na figura se pretende indicar e dentro de cada grupo, alternadamente a vermelho e branco.

Fig. 62 — Mira de nivel

Os algarismos escriptos nos rectangulos em branco significam a parte decimal, em decimetros, a contar da base da mira e os pontos juntos a esses algarismos, indicam, pela sua quantidade, o numero de unidades, em metros, da parte inteira que corresponde á respectiva graduação; assim temos:

correspondendo a a . . . . . $1^m.1$
» » b . . . . . $0^m.9$

Para uma linha tal como cc', poderemos estimar os millimetros; assim:

corresponderá a cc' . . . $0^m.965$

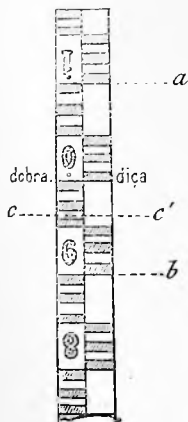
A mira é collocada verticalmente, servindo para verificação do seu verticalismo um perpendiculo proprio.

NOTAS. — No modelo de que fallámos, a distancia que separa os algarismos dos decimetros da graduação, é egual a $0^m.2$; este artificio que, quando reconhecido e attendido, em nada altera as operações a executar, tem a vantagem de facilitar a applicação do methodo de Egault, como veremos (n.º 157).

No mercado é, porém, mais vulgar encontrar miras de nivel graduadas em centimetros e não duplos centimetros, como apontámos para o caso do modelo usado pela Commissão dos trabalhos geodesicos do reino.

Os modelos de miras fallantes que a Escola Naval possue, differem do representado na Fig. 62 em algumas disposições:

As reguas, de 2^m cada uma, ligam-se por corrediças que permittem o escorregamento de uma sobre a outra, conseguindo se assim que a mira possa ter 4^m, quando seja neces-

sario. A graduação é feita em centimetros na verdadeira grandeza e para melhor leitura, é a mira verticalmente dividida em tres faixas. Em duas d'estas, a media e uma das lateraes, estão pintadas as divisões em centimetros, por grupos de 5, grupos que alternadamente occupam cada uma das faixas citadas.

Na terceira faixa são pintados os algarismos dos metros exactos e dos decimetros, a meio das respectivas casas, isto é, a meio do intervallo correspondente a dois grupos consecutivos de 5 centimetros. Esses algarismos são pintados em posição invertida e é ainda por meio de pontos juntos aos algarismos dos decimetros, que se indicam os metros a que aquelles pertencem, analogamente ao que se dá com a mira representada na Fig. 62.

As divisões e os algarismos dos decimetros são pintados a vermelho; os algarismos indicando metros exactos, teem a côr preta. A' primeira casa inferior corresponde o zero da graduação.

147 — Exame e emprego das miras fallantes. — Sempre que haja a executar uma successão de trabalhos em que a mira venha a prestar serviços, convirá fazer a verificação das divisões, comparando a graduação com uma medida exacta e estabelecendo os erros ou antes as correcções a applicar a cada leitura. Para o estabelecimento de taes correcções, feitas para as divisões, pelo menos, dos decimetros, pode-se empregar com proveito o methodo graphico, depois de a experiencia ter dado um sufficiente numero de elementos. Estes valores devem ser escriptos na face opposta á da graduação.

—Verificada a mira para trabalhos topographicos, deveremos n'estes trabalhos, quando haja a empregar aquelle accessorio, escolher porta-mira habituado ao serviço que se lhe vae exigir, ou, pelo menos, pessoa a quem possamos confiar o cumprimento das instrucções que sobre o assumpto lhe daremos:

a) *A mira deve assentar sempre em pontos bem resistentes e firmes*, pontos que artificialmente se podem obter, á falta de apoio natural, recorrendo a estacas ou prégos enterrados no solo.

b) *Deve estar, com o possivel rigôr, realisado o verticalismo da mira no momento da leitura feita com o nivel.* E' ao porta-mira que cumpre esta missão, dando, por signaes, conhecimento ao observador do nivel, de estar realisada aquella condição.

Se não ha perfeita confiança em que a observação se faça em boas condições, procedendo como dissemos, aconselham alguns o processo de se dar balanço á mira no plano vertical da pontaria, aproximando e affastando, a parte superior da

regua, do instrumento pelo qual tem de ser feita a leitura; o menor valor obtido para esta, corresponde á posição vertical da mira.

Este ultimo processo, como facilmente se comprehende, está sujeito a importantes causas de erro, que o tornam praticamente improprio em trabalhos de rigôr.

148 — Leitura da mira fallante. *(Modelo da Escola Naval).* — Comquanto as leituras se façam com extrema facilidade, é indubitavel que, no começo, deixam duvidas no espirito dos observadores pouco praticos, por causa da inversão das imagens obtidas com a luneta astronomica de que são munidos os niveis que, com maior rigôr, dão direcções horisontaes (n.º 153).

Usando os modelos que a Escola Naval possue, attenda-se ás seguintes regras a observar para leitura da mira vista pela luneta astronomica de um nivel. Coincidindo o fio vertical do reticulo com a linha mediana da regua e projectado n'esta o horisontal, a leitura correspondente a essa projecção é assim obtida:

1.º — Leia-se o algarismo correspondente á casa sobre a qual se projecta o fio horisontal. Se esse algarismo fôr o 1, 2 ou 3 de côr preta, concluimos que ha a registar egual numero de metros, sendo zero o algarismo correspondente aos decimetros.

Se o algarismo lido fôr de côr vermelha, ha a regista-lo como decimetros, tomando então para metros tantas unidades quantos os pontos juntos.

2.º — Os centimetros a registar obter-se-hão contando, de cima para baixo, o numero de divisões completas, desde o limite superior da casa até ao fio horisontal.

3.º — Os millimetros serão estimados á vista, partindo ainda de cima para baixo e dentro da divisão em que aquelle fio se projecta.

Capitulo II — Niveis

§ 1 — PROCESSOS APROXIMADOS PARA OBTER PONTARIAS HORISONTAES OU DE NIVEL

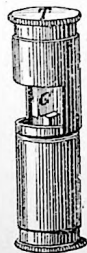
149 — Nivel d'agua. — E' conhecida a disposição d'este grosseiro instrumento em que se faz applicação das leis d'equilibrio dos liquidos em vasos communicantes. Quando não haja o tubo e reservatorios necessarios para improvisar um tal nivel, poderemos obter pontarias horisontaes, fazendo fluctuar n'um vaso, contendo o liquido em perfeito repouso, uma alidade munida dos indispensaveis visôres. Se esses visôres não estiverem á mesma altura, conseguiremos com o nivel uma direcção proximamente horisontal na pratica, fazendo duas observações, collocando aquelles em posição invertida e tomando a media das pontarias sobre uma superficie plana vertical: a de uma mira de nivel, por exemplo.

150 — Nivel Burel. — Se um fio de prumo tiver qualquer disposição para se poder observar normalmente á sua direcção, quando naturalmente suspenso, facil será obter pontarias proximamente horisontaes na pratica. N'este principio se funda o *nivel Burel* cuja descripção resumida passamos a fazer.

Fig. 63 — Nivel Burel

Compõe-se o nivel, Fig. 63, de um espelho G de faces parallelas, tendo apenas estanhada metade de cada face. Esse espelho liga-se a um pendulo suspenso á tampa T do tubo involucro, conseguindo-se com esta disposição obter a posição vertical para as faces d'esse espelho.

Girando com a tampa T, pode-se inverter a posição do espelho G, visando pela outra face.

Apoiado o instrumento sobre a mão ou sobre um pé proprio, colloca-se o olho aproximadamente a um metro do nivel, de maneira a vêr, a meia altura do espelho e proximo do bórdo,

a imagem da iris. Essa imagem, sendo symetrica do olho em relação ao espelho, determina uma linha de pontaria perpendicular ás faces do mesmo espelho e portanto horisontal. Collocada convenientemente uma mira a distancia, facil será obter a leitura correspondente a essa pontaria.

151 — Nivel de bolha. — A Fig. 64 dá uma ideia do modo de obter pontarias de nivel, empregando um tal instrumento.

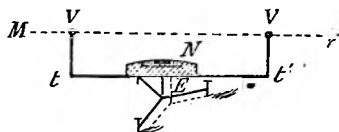



Fig. 64 — Nivel de bolha

tt' — travessão sobre que assenta o nivel de bolha N.
V, V — visôres.
E — eixo vertical terminando inferiormente por um joelho de parafusos nivelantes.

152 — Emprego dos theodolitos menos rigorosos. — Sabendo-se qual a leitura do nonio correspondente á pontaria horisontal de um theodolito e estando vertical o eixo principal d'este, tem se theoricamente uma pontaria de nivel, olhando pela luneta collocada na posição correspondente a essa leitura. O resultado será aproximado, por isso que os niveis dos theodolitos vulgares são em geral pouco sensiveis.

§ 2 — PONTARIAS DE NIVEL OBTIDAS POR PROCESSOS DE GRANDE RIGOR

153 — Niveis d'oculo; sua classificação. — Quando se queiram direcções horisontaes com grande rigôr, teremos de recorrer a instrumentos munidos de lunetas astronomicas e niveis perfeitos.

Resolvem o problema os chamados *niveis d'oculo,* cujas peças principaes são as indicadas. Da posição relativa d'essas peças e sua ligação, derivam as categorias seguintes:

- Niveis d'oculo
  - O nivel ligado ao oculo: *Nivel de Chezy*, *etc.*
  - Nivel e oculo independentes
    - Oculo superiormente ao nivel: *Nivel de Egault*, etc.
    - Nivel superiormente ao oculo: *Nivel de Lenoir*, etc.

NOTA — Um bom theodolito pode desempenhar as funcções de um nivel d'oculo, procedendo como se disse no n.º 152.

154 — Nivel de Chezy; sua descripção e rectificação. — Representado na Fig. 65, compõe-se de uma luneta astronomica á qual se fixa um nivel, assentando o systema em chumaceiras em F, por meio de collares circulares.

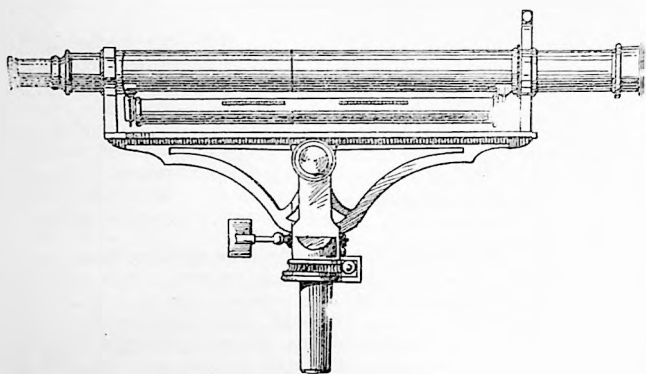



Fig. 65 — Nivel de Chezy

Centralisado o eixo optico (nº 62a) e tornado o eixo do nivel parallelo ao eixo geometrico da luneta (n.º 62c), teremos uma pontaria horisontal, sempre que a bolha do nivel fôr a meio.

NOTA. — O theodolito de Troughton, sendo do systema de luneta assente sobre collares e com nivel de bolha ligado a ella, pode desempenhar as funcções de nivel propriamente dito, substituindo instrumento da categoria apontada.

155 — Nivel de Egault; sua descripção e rectificação. — Representado na Fig. 66, a luneta astronomica gira em collares circulares abertos nas chumaceiras F e F' que fazem corpo com o travessão T. O nivel de bolha N fixa-se a esse travessão, apoiado este sobre um joelho de parafusos nivelantes.

O movimento da luneta em torno do seu eixo de figura, é limitado por duas saliencias existentes no oculo e que vem encostar-se a esperas cravadas nas chumaceiras.

Uma das chumaceiras, F ou F', pode ter pequenos deslocamentos verticaes que permittem a mudança de inclinação do eixo da luneta.

Um parafuso *r* permitte as alterações de inclinação do nivel *N* sobre o travessão *T*.

São as seguintes, as rectificações do nivel de Egault:

a) *Verticalisar o eixo da columna e rectificar o nivel de bolha*, segundo os processos já conhecidos.

b) *Centralisar o eixo optico*, como foi dito no n.º 62 a).

c) *Egualar a altura dos montantes*. Vise-se com o oculo um objecto distante e bem illuminado, que pode ser a propria mira fallante, e tome-se nota da divisão em que se projecta o fio horisontal do reticulo. Em seguida, faça-se girar o instrumento de meia circumferencia e inverta-se o oculo nas chumaceiras. Se o fio horisontal do reticulo ainda se projectar na mesma divisão da mira, é certo estarem niveladas aquellas chumaceiras; no caso contrario, ha desvio no plano vertical, desvio cuja metade se annulla, deslocando convenientemente a chumaceira movel.

d) *Regular separadamente cada uma das esperas, por forma a tornar horisontal o respectivo fio do reticulo*. Encostada uma das saliencias á espera respectiva, proceder como foi dito no n.º 61 (operação 6.ª), tratando-se do fio horisontal; qual-

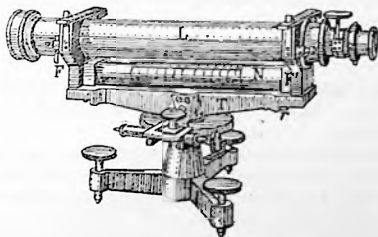



Fig. 66 — Nivel de Egaul

quer rectificação a fazer, consiste em mover no sentido conveniente a espera, até se conseguir o fim desejado.

Fazendo girar o oculo de 180° em torno do proprio eixo, pratica-se o mesmo com respeito á outra espera.

156 — Nivel de Lenoir; sua descripção e rectificação. — Representado na Fig. 67, a luneta astronomica, munida de collares prismaticos, assenta sobre um prato *C* com abertura central, onde podem encaixar alternadamente duas hastes verticaes, ligadas invariavelmente ao tubo grande do oculo. Com esta disposição se consegue um movimento de 180° de rotação da luneta em torno do seu eixo geometrico. Um nivel *N*,

independente e apoiado sobre as faces superiores dos collares, pode tomar posições invertidas no plano vertical que passa pelo eixo geometrico da luneta. Completam o systema: um manipulo *M* para o nivel; dois ganchos *g* e *g'*, para aperto do nivel e oculo ao joelho, nos transportes do instrumento; e um joelho munido de parafusos nivelantes.

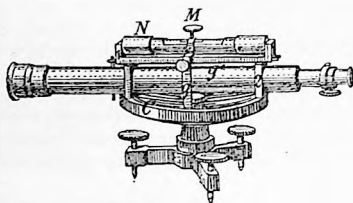



Fig. 67 — Nivel de Lenoir

Nos collares e travessão do nivel *N* estão gravados os algarismos 1 e 2 para podermos, nas operações a executar com o instrumento, registar as posições relativas do nivel e oculo.

No modelo que a Escola Naval possue, é a luneta dotada de dois fios de reticulo em direcções perpendiculares e todo o instrumento é apoiado sobre um tripé vulgar.

—As rectificações a que devemos sujeitar o instrumento, antes de uma serie de operações a executar sobre o terreno, são as seguintes:

a) *Horisontalisar o prato.* Armado por completo o instrumento sobre o tripé proprio e soltos os ganchos *g* e *g'*, Fig. 67, procedermos a essa operação como foi dito no n.º 39, 1.º), servindo o proprio nivel *N*.

b) *Centralisar o eixo optico da luneta.* Calada cuidadosamente a bolha do nivel, dirigimos uma pontaria á mira collocada a grande distancia, lendo a graduação onde se projecta o fio horisontal do reticulo. Damos em seguida ao oculo, uma rotação de 180° em torno do eixo de figura, continuando o nivel na mesma posição. Feita nova pontaria e sendo eguaes as leituras, o oculo estará centralisado; no caso contrario, faremos a media das leituras obtidas e deslocaremos convenientemente o reticulo, recorrendo aos parafusos de rectificação, de modo a alterar a direcção da pontaria, até essa direcção passar pela graduação da mira egual á media achada.

c) *Orientar o quadro do reticulo.* Proceder-se-ha como se disse no n.º 61 (operação 6.ª), podendo escolher-se, para esse fim, um ponto na propria mira.

157 — Methodo de Egault para obter pontarias de nivel. — Tratando-se de instrumentos de oculo e nivel independentes, vimos que as rectificações são um tanto morosas e que as respectivas operações, quando cuidadosamente feitas, originam amiudadas fricções entre as peças do nivel, o que representa um grande inconveniente, dado o rigôr exigido nas direcções horisontaes a obter. Para evitar tal inconveniente e tornar expedito o trabalho a executar, é empregado o methodo de Egault que, embora não dispense as rectificações, dá uma certa tolerancia aos cuidados a haver.

O que vamos dizer relativamente a este importante assumpto, é applicado mais propriamente aos niveis de oculo independente que empregam o nivel superiormente ao oculo; mas é tambem applicavel aos de nivel inferior, sendo até relativamente a esta ultima classe que foi instituido o methodo cujas bases assentam nas seguintes considerações: — Na pratica ha sempre a esperar que a luneta não esteja perfeitamente centralisada e o nivel bem rectificado, como é theoricamente exigido; comtudo, se se adoptar a media das pontarias em que esses erros influem em sentidos contrarios, teremos a direcção de nivel, quanto possivel, rigorosamente dada. Applicando praticamente estes principios, tomemos um nivel d'oculo e mira respectiva.

Rectificado, como foi dito, o instrumento e collocada a mira a distancia, proceda-se da forma seguinte:

a) Leve-se a bolha a meio e dirija-se a pontaria para a mira, lendo a graduação L em que se projecta o fio horisontal.

b) Dê-se uma meia rotação á luneta em torno do seu eixo geometrico e inverta-se o nivel extremo com extremo. Manobrando os parafusos nivelantes de modo a levar de novo a bolha a meio, teremos, feita a pontaria á mira, uma nova leitura L_2

A graduação correspondente á pontaria de nivel, terá por valor a media $\frac{L_1 + L_2}{2}$

NOTAS:

I — Este processo admitte que o instrumento se não deslocou em altura, quando se moveram os parafusos nivelantes, o que só é verdadeiro quando a luneta esteja na direcção de dois e estes se movam em sentidos contrarios e da mesma quantidade.

II — Dissemos n'uma das notas ao n.º 146 que, adoptada uma mira graduada em duplos centimetros, se facilitava a applicação do methodo de Egault. Com effeito, como n'esse caso

a leitura feita representa realmente metade da altura a partir da base da mira, será:

$$\frac{1}{2} \text{ da altura} = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

ou

$$\text{altura} = L_1 + L_2$$

simplificando-se a operação, por isso que basta fazer a somma das duas leituras L_1 e L_2 para ter immediatamente o valor da altura desejada.

158 — Verificação muito conveniente ao methodo de Egault.

1.º) *A luneta dispõe apenas de um fio na direcção horisontal.* — Fazendo separadamente as rotações e inversões de que fallámos no numero anterior, poderemos ter dois pares de observações conjugadas, dando-nos cada par uma direcção horisontal. Na media por fim obtida, teremos attenuado bastante os erros accidentaes.

Exemplo: Imaginemos que com o nivel de Lenoir cujo modelo existe na Escola Naval, haviamos dirigido 4 pontarias á mira, nas quatro posições relativas do nivel de bolha e do oculo. Designando por 1_n e 1_{oc}, 2_n e 2_{oc} etc., essas posições, referidas a um mesmo lado do instrumento, segundo os algarismos que correspondem ás respectivas collocações do nivel e oculo, obtivemos:

1.ª posição	1_n, 1_{oc}	bolha a meio; pontaria á mira	$L_1 = 1.2900$	
		(inversão do nivel)		
2.ª »	2_n, 1_{oc}	idem ; idem		$L_2 = 1.2890$
		(inversão do oculo)		
3.ª »	2_n, 2_{oc}	idem ; idem	$L_3 = 1.3025$	
		(inversão do nivel)		
4.ª »	1_n, 2_{oc}	idem ; idem		$L_4 = 1.3030$
			2.5925	2.5920

$$\frac{L_1 + L_3}{2} = \dots\dots\dots \ 1.29625$$

$$\frac{L_2 + L_4}{2} = \dots\dots\dots \ 1.29600$$

$$\text{Pontaria media} = \overline{1.29612}$$

NOTA. — E' conveniente, para verificação, o confronto das medias obtidas pela applicação do methodo de Egault a cada par de pontarias conjugadas. D'esse confronto nasce a confiança que deveremos dar ás observações quanto ao rigôr a exigir-lhes.

2) *A luneta dispõe de tres fios horisontaes equidistantes.* Se n'estas condições se apontar em cada uma das 4 posições resultantes da combinação das do nivel com as do oculo, teremos 12 leituras constituindo 6 pares de observações conjugadas, d'onde se pode tirar, separadamente, egual numero de direcções horisontaes.

A media por fim obtida, será de um grande rigôr, reduzindo-se a um minimo os erros de caracter accidental.

159 — Alguns preceitos praticos a attender nas observações com os niveis.

a) A escolha de local para estação do instrumento deve ser feita muito cuidadosamente, sendo indispensavel verificar se o terreno é bem consistente, andando em torno do tripé e reparando se a bolha soffre desvios.

b) Os parafusos do tripé devem conservar-se bem apertados, durante as observações com o nivel.

c) O nivel e todo o seu systema deve ser bem abrigado dos raios solares por meio de chapeo abrigo.

d) Os collares e seus pontos d'apoio devem conservar-se sempre bem limpos de poeiras.

e) E' indispensavel attender a que toda a pontaria deve ser feita quando a bolha esteja perfeitamente a meio. No acto de apontar, deve-se proceder com todo o cuidado, olhando para a bolha antes e logo depois de observar.

f) No emprego do methodo de Egault, é conveniente seguir sempre a mesma ordem nas inversões do nivel e oculo, afim de evitar enganos e haver maior facilidade de execução e mesmo verificação.

g) Evitar a parallaxe optica nas pontarias á mira.

160 — Verificações de construcção: exame dos niveis de bolha e reconhecimento da egualdade dos diametros dos collares ou das alturas dos prismas. — Recorrendo a um examinador de niveis (n.º 35), poderemos ajuizar da exactidão das graduações do nivel de bolha que constitue accessorio do nivel propriamente dito.

— Quanto á segunda verificação: — reconhecer a egualdade dos diametros dos collares ou das alturas das prismas, —

comprehende-se a sua vantagem. Todo o instrumento em que se não realise aquella egualdade, deve considerar-se como improprio para as observações, por isso que o erro resultante d'essa falta, não pode ser eliminado pelo methodo de Egault.

O unico meio para remediar esse defeito de construcção, seria collocar a mira sempre á mesma distancia do instrumento; mas, como facilmente se comprehende, essa condição nem sempre poderia ser realisada na pratica.

A verificação da egualdade dos collares, sendo operação delicadissima, impõe-se em todos os casos, porque a mais insignificante desegualdade nos diametros dos collares ou alturas dos prismas pode produzir grandes erros: a uma differença de $0^m.0004$ entre os raios de dois collares affastados um do outro de $0^m.2$, corresponde, a 100^m de distancia, um desvio de pontaria egual a $0^m.02$.

Querendo, n'um nivel de Egault, reconhecer a egualdade dos diametros dos collares, recorremos a um nivel de bolha com apoios em forquilha que possam ajustar-se respectivamente sobre os collares do oculo. Apoiado sobre os collares o nivel independente, chamaremos a bolha ao centro; levantam-se depois o nivel e o oculo, dando a seguir uma semi-revolução ao travessão em torno do eixo vertical e tornando por fim a collocar o oculo e o nivel nos respectivos logares, nota-se o affastamento da bolha, caso exista. Havendo-o, o instrumento é improprio para um trabalho de rigôr.

— Tratando se de um nivel de Lenoir, o reconhecimento da egualdade das alturas dos prismas pode fazer-se: horisontalisando o prato com o nivel que se rectificará e verificando depois se o mesmo nivel continua calado quando posto sobre os collares do oculo, agora apoiado sobre a base horisontalisada.

Quando a leitura da graduação do nivel de bolha accuse uma pequena inclinação, poderemos levar as alturas dos prismas á egualdade, recorrendo ao emprego de lixa fina, operação em que se requer muito cuidado.

161 — Nivel de precisão de Brito Limpo. — Para se evitarem os erros resultantes da falta de egualdade mathematica dos collares, o instrumento inventado por aquelle geometra tem dois oculos, Fig. 68, ligados por braçadeiras a um eixo commum em direcção parallela aos mesmos oculos collocados em posição invertida. Todo este systema descança em dois montantes que se elevam de um travessão onde assenta o nivel de bolha. Este travessão pode tomar todas as direcções em azimuth e o systema dos dois oculos pode girar em torno do eixo commum, produzindo-se uma rotação de 180°, de modo a ficar sempre um oculo por cima do outro. Em vista do ele-

vado preço d'este nivel e exclusivo emprego em trabalhos de muito rigôr, abstemo-nos de fazer uma descripção mais detalhada do instrumento.

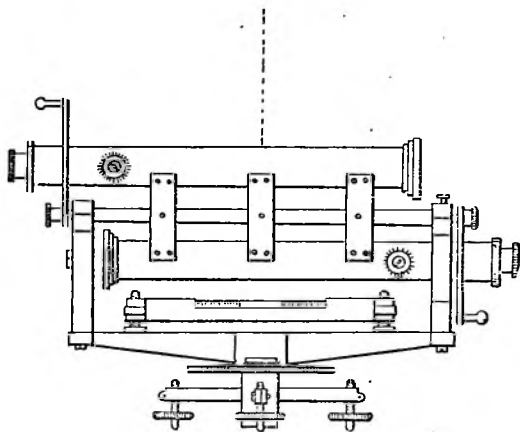



Fig. 68 — Nivel de Brito Limpo

162 — Differença de nivel entre dois pontos, determinada com o nivel d'oculo. — Esboçado o problema no n.º 143, poderemos agora desenvolver convenientemente o assumpto, aproveitando os conhecimentos adquiridos. Suppondo Fig. 61, *A* e *B* os dois pontos do terreno entre os quaes se pretende a differença de nivel, colloquemos uma mesma mira successivamente nos dois pontos ou simultaneamente duas miras eguaes; apontemos horisontalmente, pelo methodo de Egault, para uma e outra mira. A differença dos valores obtidos representa a differença de nivel desejada e como as graduações correm de baixo para cima, á maior leitura corresponde o ponto mais baixo.

Theoricamente, é necessario attender aos effeitos da refracção e curvatura da Terra, o que aconselha a procurar para estação de nivel um ponto a meia distancia entre as miras; mas, praticamente, são em geral insignificantes os erros a receiar de qualquer pequeno affastamento na posição que a theoria exige para estação do instrumento. Collocada a mira

á distancia maxima de 100^m, para que as leituras se possam fazer em boas condições, bastará a realisação aproximada de egualdade de distancias ás miras, para que os resultados obtidos tenham o necessario rigôr.

A differença de nivel entre os dois pontos tem de ser inferior a 4^m, dado o maximo desenvolvimento que as miras teem habitualmente.

PARTE QUINTA

MEDIÇÃO DE ANGULOS, DISTANCIAS E ALTURAS

Capitulo I — Ideias geraes sobre tacheometros, omnimetros e apparelhos auto-reductores

§ 1 — TACHEOMETROS E OMNIMETROS

163 — Tacheometros. — E' o tacheometro, como já sabemos, instrumento da classe dos theodolitos especiaes (n.º 54), munido de disposições extraordinarias que lhe permittem fornecer, com um certo rigôr, uns outros elementos indispensaveis á topographia: as distancias lineares horisontaes. Dotados de lunetas anallaticas (n.º 131-3.º) e excellentes agulhas declinatorias, os tacheometros são graduados em grados, havendo para alguns tabellas especiaes de reducção ao horisonte (n.º 133).

— O classico tacheometro do engenheiro italiano Porro, tem a apparencia geral de um theodolito, sendo a luneta anallatica munida habitualmente [1] de tres fios horisontaes e um vertical, como no theodolito de Troughton.

Recorrendo á declinatoria, leva se a linha dos 0-200 grados do limbo azimuthal á direcção do meridiano; d'esta forma, a leitura correspondente a qualquer pontaria feita dá immediatamente, em grados, o azimuth d'essa pontaria.

Verticalisado o eixo principal, para obter a distancia do ponto de estação do instrumento a um outro ponto do terreno, collocaremos aqui, verticalmente, a mira do tacheometro (graduada em centimetros e n'um mesmo sentido) e feita a coincidencia de um dos fios extremos com uma divisão certa da mira, leremos n'esta o numero gerador (nº. 129) e portanto a distancia. Uma tabella especial dará por fim, entrando com a inclinação da pontaria, a distancia reduzida ao horisonte.

---

[1] Alguns ha que teem tres fios horisontaes e tres verticaes, servindo estes ultimos para prevenir a hypothese de não poder a mira ser collocada verticalmente; n'este caso é a mira posta segundo a horisontal, tomando o nome de *euthymetro*.

— Tacheometros ha, como o de Sanguet, que, recorrendo a disposições especiaes, nos dão immediatamente a distancia reduzida.

164 — Omnimetros. — Dão nos estes instrumentos, além das distancias lineares horisontaes entre dois pontos: — o de estação de omnimetro e o de collocação da mira — a differença de nivel entre os mesmos pontos. Sem vulgar applicação nos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia, não cuidaremos, n'este curso, o estudo de taes instrumentos.

§ 2 APPARELHOS AUTO-REDUCTORES E GRAPHICOS

165 — Apparelhos auto-reductores. Alidade auto-reductora de Peigné. — Ha apparelhos que, por meio de disposições engenhosas, conseguem dar as distancias lineares horisontaes e em altura, sem ser necessario recorrer a tabellas de reducção. Citaremos entre elles a alidade auto-reductora de Peigné, de que existe um modelo na Escola Naval, modelo representado na fig. 69.

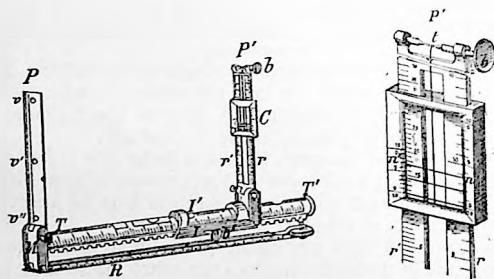



Fig. 69 — Alidade auto-reductora de Peigné

R — regua talhada em bisel e graduada em millimetros.

TT' — tubo metallico envolvendo um vidro de nivel. Esse tubo é fixo por um dos extremos ao montante *M*, apoiando-se o outro extremo n'um parafuso que permitte modificar a inclinação do tubo sobre a regua. Pela parte inferior de *TT'*, é adaptada uma cremalheira.

P — pinnula ocular fixa, munida de visôres *v*, *v'* e *v''*. Essa pinnula pode ser abatida sobre o tubo *TT'* quando o instrumento não funccione.

P' — pinnula objectiva movel, conservada verticalmente durante o funccionamento do apparelho. Essa pinnula pode deslocar-se ao longo de TT' por meio de um carrete que engrena na cremalheira do tubo; os movimentos são obtidos girando com o botão b'.

C — cursôr rectangular, tendo tres fios horisontaes e um vertical central. Este ultimo fio (como se vê na figura da direita), depois de atravessar o cursôr de alto a baixo, vae enrolar-se n'um tambor t que recebe movimento de rotação por meio do botão de cabeça filetada b. Girando com este botão, n'um sentido ou n'outro, se consegue fazer subir ou descer o cursôr C.

Alem da graduação da regua, tem o instrumento mais as seguintes:

— Duas no tubo TT': uma d'ellas (a do lado anterior da Fig. 69) começa no extremo esquerdo e segue numerada de 15 a 75, valendo cada divisão $^1/_3$ de centimetro; a outra (invisivel na figura, por estar do lado opposto) tem a numeração seguida no mesmo sentido, a partir de 75 até 150, valendo cada divisão $^1/_6$ de centimetro.

Qualquer das duas graduações é numerada de forma que, posto um dos indices I ou I' em coincidencia com um certo traço da escala respectiva, o numero correspondente a esse traço representa, em centimetros, $^1/_3$ ou $^1/_6$ da distancia que separa as pinnulas fixa e movel, na posição considerada.

— Duas na pinnula P': uma em cada regua vertical da janella respectiva e com os zeros a meia altura (Vide figura da direita). A graduação da regua r, vae de 0 a 15 para cima e para baixo, valendo cada divisão $^1/_3$ de centimetro, valor egual ao das divisões na graduação do tubo TT', correspondente ao mesmo lado. As divisões da regua vertical posterior r' são numeradas de 0 a 30 nos dois sentidos, valendo cada divisão $^1/_6$ de centimetro, exactamente como qualquer divisão da graduação do tubo do nivel, correspondente ao lado posterior da figura. Dois nonios n e n', gravados no cursôr C, apreciam $^1/_{10}$ da menor divisão da respectiva escala a que cada um se ajusta.

Os fios horisontaes são ligados ao cursôr nas seguintes alturas: o inferior, na divisão extrema dos nonios e os outros dois fixam se respectivamente ás distancias de meio e um centimetro do primeiro; vemos assim que o intervallo entre os fios horisontaes extremos abrange tres divisões da escala da regua r e que a distancia entre dois fios consecutivos é egual a tres divisões da escala da regua r'.

Analogamente ao que se dá com as escalas horisontaes, qualquer das graduações das reguas r e r' é numerada de forma que, posto o fio horisontal inferior em coincidencia com um certo traço de uma das escalas, o numero correspondente a esse traço, representa, em centimetros, $^1/_3$ ou $^1/_6$ da distancia vertical do mesmo fio á linha dos zeros das graduações.

Constitue accessorio indispensavel da alidade uma mira munida de dois alvos fixos, cujos eixos horisontaes *(linhas de fé)* estão á distancia de 3^m exactos, um do outro.

Por cima do alvo inferior está pintado um traço sobre o montante da mira, a $0^m.3$ do eixo horisontal d'aquelle alvo. A regua da mira é feita em quarteladas para facilidade de transporte. Posto isto, vejamos como se trabalha com a alidade de Peigné.

a) *A distancia está comprehendida entre 15^m e 75^m*. Posta a prancheta no ponto de estação inicial e montada a mira, põe-se esta verticalmente junto da alidade collocada então sobre a prancheta. Abaixando ou elevando o tripé, procure-se levar a linha dos zeros da pinnula movel a uma altura, sobre o terreno, egual á da linha de fé do alvo inferior da mira sobre a base de apoio, o que se consegue olhando pelo visor v'

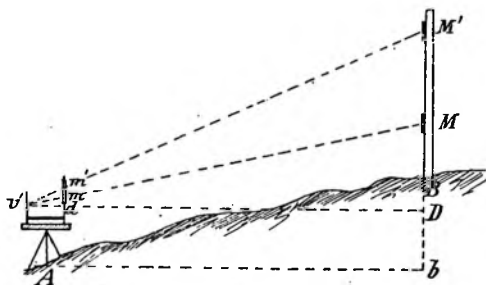



Fig. 70

(fig. 69) e levando a linha dos zeros da pinnula P' a projectar-se sobre aquella linha de fé. Conseguido isto, apertados os parafusos do tripé, horisontalisada a prancheta e rectificado o nivel da alidade, traçaremos, com o auxilio de declinatoria, a direcção da linha N-S.

Escolhendo na prancheta, depois de attendido o desenvolvimento do desenho, um ponto para representar o de estação

do instrumento, ahi espetaremos uma agulha de cabeça de lacre, encostando por fim a ella a regua *R* da alidade. Collocada verticalmente a mira no ponto cuja distancia horisontal e altura se pretendem, dirija-se a pontaria para a mesma mira, olhando pelo visor medio v', de modo que o fio vertical do cursôr *C* se projecte na linha media do montante dos alvos. Manobrando então o botão *b*, levaremos o fio horisontal inferior a projectar-se na linha de fé do alvo inferior *M* (fig. 70); e, por meio do botão b', deslocaremos a pinnula objectiva até conseguir que o fio horisontal superior se projecte na linha de fé do alvo M'.

Depois de algumas tentativas, produzindo ligeiros deslocamentos com os botões *b* e b', chegaremos ao fim desejado: olhar pelo visôr medio v' e obter que os fios horisontaes extremos se projectem convenientemente sobre as linhas de fé dos alvos. Isto conseguido, temos, como mostra a fig. 70:

$$\frac{mm'}{MM'} = \frac{v'd}{v'D} = \frac{md}{MD}$$

d'onde:

$$v'D = \frac{MM'}{mm'} v'd$$

$$MD = \frac{MM'}{mm'} md$$

mas como $MM' = 3^m$ e mm' (intervallo dos fios extremos) é egual a $0^m.01$, será:

$$v'D = 300\, v'd$$
$$MD = 300\, md$$

Se considerarmos agora as graduações do tubo e pinnula objectiva que ficam do lado anterior da fig. 69, como n'essas graduações o numero correspondente a uma dada posição do indice *I* ou zero do nonio da regua *r*, dá, em centimetros, $^1/_3$ da distancia entre as pinnulas ou da altura do fio horisontal inferior referida á linha dos zeros da pinnula movel, segue-se, em virtude das formulas anteriores, que $v'D$ e *MD* podem ser obtidos, fazendo as leituras nas respectivas escalas e considerando como metros os numeros lidos em coincidencia com *I* e os respectivos á projecção do fio inferior sobre a regua *r*; $v'D$ será a distancia horisontal entre o visôr da alidade e a mira; *MD* será a differença de nivel *Bb* entre os pontos *A* e *B*, por isso que démos á linha dos zeros da pinnula movel uma

altura sobre o terreno egual á elevação do eixo horisontal do alvo M sobre a base de apoio.

b) *A distancia é superior a 75ᵐ*. Se a distancia AB fôr maior do que 75ᵐ, a mira é curta e fica dentro do angulo das visuaes, se utilisarmos os fios horisontaes extremos. Em tal caso, olhando ainda pelo visor v', levaremos á coincidencia com as linhas de fé dos alvos os fios horisontaes, inferior e medio do cursôr.

As operações são feitas analogamente, devendo, porém, usar as escalas do lado posterior da Fig. 69.

c) *A distancia é inferior a 15ᵐ*. N'este caso reduz-se a $^1/_{10}$ o intervallo das linhas de fé dos alvos. Para isto, serve o traço marcado na mira, 0ᵐ.30 acima da linha de fé do alvo inferior. A relação de semelhança $\frac{MM'}{mm}$ torna-se dez vezes menor; logo a distancia $v'D$ e altura MD, lidas na escala como nos casos anteriores, terão que dividir-se por 10 para serem verdadeiras.

NOTAS. — Quando não fôr possivel obter, com o visôr medio v', a coincidencia do fio inferior com a linha de fé do alvo M, por estar o ponto B muito mais alto ou mais baixo do que o de estação A, utilisa-se, no primeiro caso, o visor v'' e no segundo, o v. A leitura das distancias horisontaes não soffre alteração; nas verticaes, porém, em vez de ler a partir da linha dos zeros, começa-se na linha 19-38 da graduação da pinnula movel, para as pontarias mergulhantes e a partir da linha 15-30, para as ascendentes, em ambos os casos até á divisão marcada pelo fio horisontal inferior. Isto resulta de que as linhas 19-38 e 15-30 passam respectivamente pelas horisontaes conduzidas por v e v''.

Nas pontarias descendentes, toda a extensão da pinnula movel, que o fio percorrer abaixo da linha 19-38 e, nas ascendentes, acima de 15-30, deve contar-se como differença de nivel.

— A direcção da pontaria sendo parallela á aresta graduada da regua da base, a linha que por ella se trace na prancheta dará aproximadamente a direcção para o ponto de estação da mira. Sobre essa linha, a partir da agulha de cabeça de lacre, se marcará, na escala do desenho, a distancia horisontal obtida, servindo para isso a graduação em millimetros; a cota terá de ser registada.

166 — Apparelhos auto-reductores e graphicos. — Se os apparelhos de que fallámos no n.º anterior puderem ser empregados, collocando-os sobre uma prancheta e possuirem disposições proprias para marcar sobre a mesma prancheta os pontos correspondentes aos do terreno, já feita a auto-reducção ao horisonte e na escala do trabalho, teremos

um meio rapido de ir executando a respectiva carta simultaneamente com as operações topographicas.

De entre os apparelhos citados, apontaremos o tacheographometro Otto Fennel (fabricante allemão) cujos serviços estão sendo aproveitados modernamente em Portugal e nas suas colonias africanas.

Os principaes defeitos dos apparelhos auto-reductores e graphicos são o seu preço elevado e a difficuldade de concerto nas suas differentes peças de um manejo complicado. Este ultimo inconveniente, sobretudo, torna o emprego de taes apparelhos pouco pratico em trabalhos, como os subsidiarios da hydrographia, em geral executados em logares onde ha falta absoluta de meios de reparação.

Capitulo II — Noções de metrophotographia

§ 1 — A MACHINA PHOTOGRAPHICA COMO INSTRUMENTO DE TOPOGRAPHIA

167 — Ideias geraes sobre o aproveitamento das camaras ordinarias photographicas portateis para medição de angulos horisontaes e verticaes. — O emprego das machinas photographicas adaptadas a theodolitos *(photo-theodolitos)* é um brilhante exemplo da resolução dos multiplices problemas da topographia por uma forma muito expedita; esses instrumentos, porém, são muito caros e a metro-

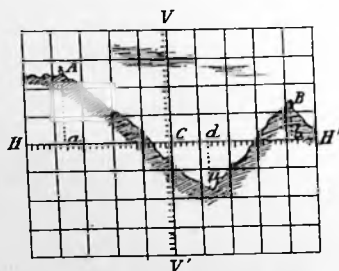



Fig. 71

photographia pode ter resolução mais economica, como vamos vêr.

A machina photographica ordinaria pode servir para os fins indicados, mesmo sem o emprego de chapas sensiveis. Supponhamos que se tem uma objectiva photographica bem aplanatica e que sobre o vidro despolido se gravam duas linhas, uma horisontal HH', Fig. 71, e outra vertical VV', que passem pela projecção do centro optico da objectiva no plano

d'aquelle vidro. Graduadas essas linhas em millimetros e conhecida a distancia focal principal da objectiva, tem se um meio facil de obter os angulos horisontaes e verticaes entre pontos do terreno, taes como A e D, D e B cujas imagens nos apparecem sobre o vidro despolido representado na Fig. 71.

Assim, o angulo horisontal entre A e D será obtido fazendo a somma dos angulos cujos tangentes são aC e dC, sendo essas tangentes dadas respectivamente pelas relações $\frac{aC}{f}$ e $\frac{dC}{f}$, chamando f á distancia focal principal da objectiva. Da mesma forma, a elevação de A será o angulo cuja tangente é $\frac{aA}{f}$ e a depressão de D egual ao angulo a que corresponde a tangente $\frac{dD}{f}$.

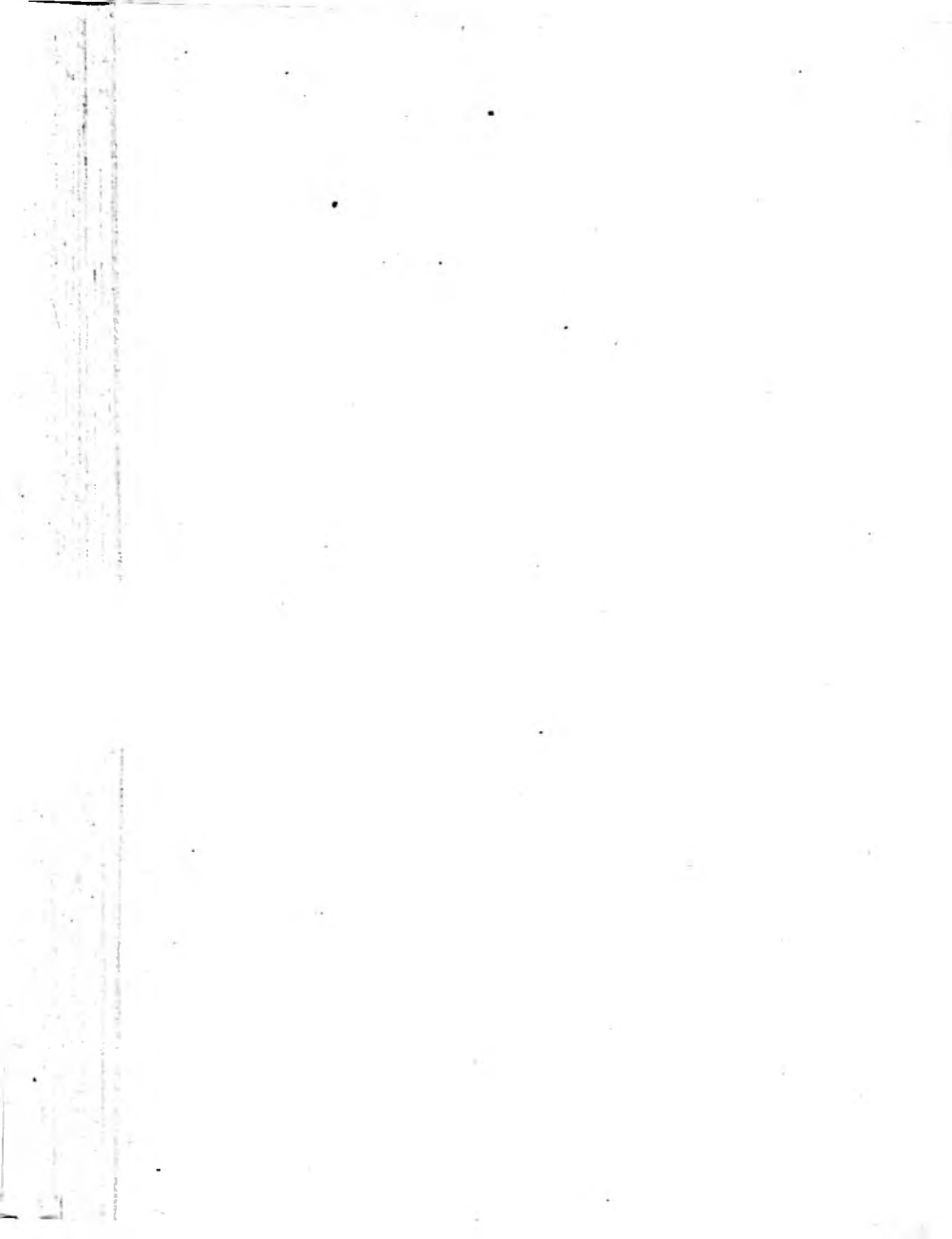
Para mais simplicidade, podem fazer-se tabellas ou diagrammas que dêem immediatamente os angulos correspondentes ás grandezas lineares obtidas no vidro despolido.

Por todas as considerações feitas n'este numero, concluimos que a camara photographica pode substituir uma alidade eclimetro nos trabalhos de prancheta, apoiando sobre esta a camara empregada.

168 — Ideias sobre o modo de obter distancias com a camara photographica. — Para pequenas distancias pode servir o processo stadimetrico de base variavel (n.º 129 e seguintes), utilisando para tal fim duas linhas convenientemente gravadas no vidro despolido; mas é preferivel empregar o processo de base constante, usando de mira como a do sextante, de 3^m, e fazendo tabella que forneça as distancias que correspondem ás differentes grandezas da imagem da mira observada no vidro despolido.

Por estas considerações e attendendo ao que já foi dito no n.º anterior, concluimos que a camara photographica pode substituir a alidade eclimetro de stadia nos trabalhos de prancheta.

169 — Arranjo da camara photographica portatil, para serviço topographico. — Sobre este assumpto foi publicado em 1891, nos Annaes do Club Militar Naval, uma serie de artigos assignados pelo sr. Hugo de Lacerda, capitão tenente hydrographo, artigos em que desenvolvidamente se trata do assumpto e para os quaes chamamos a attenção d'aquelles que queiram estudar a questão por uma forma mais completa.

Limitando-nos, como fizemos, a apresentar umas ideias geraes sobre o assumpto, encarecemos a importancia d'estas questões, embora os estrictos limites d'este curso não permittam desenvolve-las convenientemente.

PARTE SEXTA

ADDITAMENTO AO ESTUDO DOS INSTRUMENTOS TOPOGRAPHIÇOS

Capitulo I — Signaes usados nas operações topographicas

§ 1 — SIGNAES PERMANENTES, PROVISORIOS E LIGEIROS

170 — **Generalidades.** — Nos estudos anteriormente feitos reconhecemos por vezes a necessidade de se estabelecerem marcas que assignalem, bem de longe, certos logares; esses signaes podem ser montados com o fim de servir permanente ou provisoriamente, chegando-se até ao emprego de signaes luminosos de duração muito limitada. Nos seguintes numeros daremos uma ideia sobre o modo de obter esses signaes.

171 — **Signaes permanentes.** — Construidos de alvenaria sobre o solo ou ainda sobre edificios, teem esses signaes, geralmente, a forma pyramidal, dependendo as suas dimensões da distancia a que tenham de ser observados com as lunetas dos theodolitos.

Quando montados no terreno assentam sobre uma sapata rectangular, triangular ou circular, conforme a secção horisontal da pyramide a construir sobre ella.

Comquanto theoricamente se preceituem grandes alturas para as grandes distancias, no nosso paiz não excedem a altura de 9^m para os maiores affastamentos considerados. Nos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia, attendendo ás difficuldades de construcção e impossibilidade de observar no centro do signal, dispensa-se o emprego de marcas permanentes, salvo o caso em que as queiramos aproveitar para os usos da navegação.

172 — **Signaes provisorios.** — São geralmente pyramides forradas superiormente com taboas intervalladas, Fig. 72. Alvos de formas differentes e encimando os signaes, tornam estes distintos uns dos outros. Em logares pouco ventosos o fôrro pode ser de tiras de panno.

As observações podem, n'este caso, ser feitas no centro, installando o instrumento na prumada da haste vertical, tendo-se previamente enterrado a estaca que sobre o terreno indica a projecção d'aquella haste.

Em logares ventosos é conveniente collocar contra-estacas nos extremos das pernadas do signal.

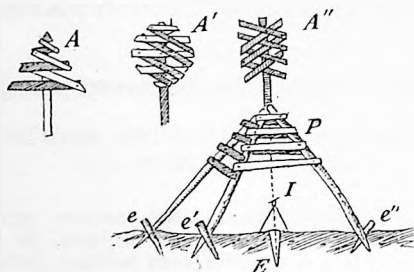



Fig. 72 — Signal provisorio

P — pyramide forrada superiormente com taboas intervalladas.
A, A', A'' — alvos de fórmas differentes que podem encimar a pyramide P.
I — instrumento.
E — estaca onde se projecta o vertice da pyramide.
e, e', e'' — Contra estacas de reforço.

173 — Signaes ligeiros. — Nos trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographia, raras vezes será necessario observar um signal a mais de 6 milhas de distancia; teem, portanto, especial applicação a esses trabalhos os signaes ligeiros, rapidamente improvisados: *a)* tomando como modelo o signal representado na Fig. 72, reduzindo as dimensões da pyramide, agora construida com quaesquer varas e encimada por um pau de bandeira em substituição do alvo; *b)* empregando varas de 4^m a 5^m de altura, espetadas no solo e onde içaremos bandeira de côr escolhida, sendo conveniente passar plumas de reforço á vara vertical.

— Para assignalar logares de estações secundarias, como são, por exemplo, as da prancheta e ainda para determinar sobre o terreno alinhamentos e enfiamentos, empregam-se na topographia pequenas varas de pau ferradas e a cujo extremo

superior se prega uma pequena bandeira. A tal signal se dá o nome de *bandeirola*.

174 — Côr dos signaes. — Se os signaes se projectam no céo, ha conveniencia em os pintar de côres escuras, como o vermelho, preto e azul; se a projecção, porém, se faz sobre terreno escuro, devem os signaes apresentar uma côr clara, servindo a cal para a conveniente pintura.

Relativamente ás bandeiras, deve a escolha das côres obedecer aos mesmos preceitos.

175 — Phases dos signaes. — A luz do sol incidindo sobre um signal produz a distancia as chamadas *phases*, isto é, torna distinta apenas a parte illuminada d'elle; d'aqui uma causa de erro para as observações, causa cujos effeitos se podem corrigir, observando a marca a horas diversas do dia.

§ 2 — SIGNAES LUMINOSOS

176 — Heliostatos. — A Fig. 73 representa um apparelho pelo qual se pode enviar a luz do sol a grande distancia, e n'uma determinada direcção.

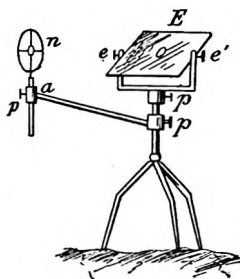



Fig. 73 — Heliostato

E — espelho de 0.m1 de lado, tendo uma parte central não estanhada e um pequeno circulo pintado de preto e por cujo centro se pode olhar atravez do vidro.

e, *e'* — eixo de rotação do espelho.

a — extremo de um braço que supporta o annel *n* munido de fios em cruz.

No cruzamento d'esses fios pode ser suspenso um disco branco.

p, *p*, *p* — parafusos de pressão.

Olhando pelo orificio central do espelho e collocando o cruzamento dos fios na direcção desejada, quando se consiga reflectir a luz do sol para esse cruzamento por forma que a parte sem estanho ahi se projecte, teremos enviado a luz para o logar situado na direcção escolhida.

NOTAS — Um espelho pequeno, de 0.m1 de lado quando muito, pode enviar luz visivel com luneta de theodolito a distancias enormes, attingindo 55 milhas; mas para isso é

necessario que as faces sejam planas para não dispersarem a luz.

Mesmo em dias em que a luz do sol é fraca, por estar nublada a atmosphera, tem-se conseguido observar signaes luminosos quando outros seriam difficilmente percebidos.

— Nos heliostatos perfeitos, o espelho tem movimento conveniente dado por um apparelho de relojoaria.

— A's vezes torna-se necessario o auxilio de um segundo espelho que reflicta a luz para o outro *E*, Fig. 71.

— Produzindo-se eclipses com qualquer antepára, pode o heliostato servir ainda como telegrapho, empregando systema como o de Morse, substituindo o ponto e traço por signaes luminosos de desegual duração.

Capitulo II — Instrumentos improvisados

177 — Prancheta. — Em operações menos rigorosas, pode substituir a prancheta propriamente dita, qualquer táboa sufficientemente desempenada tendo por supporte tres antennas ligadas proximamente a meio.

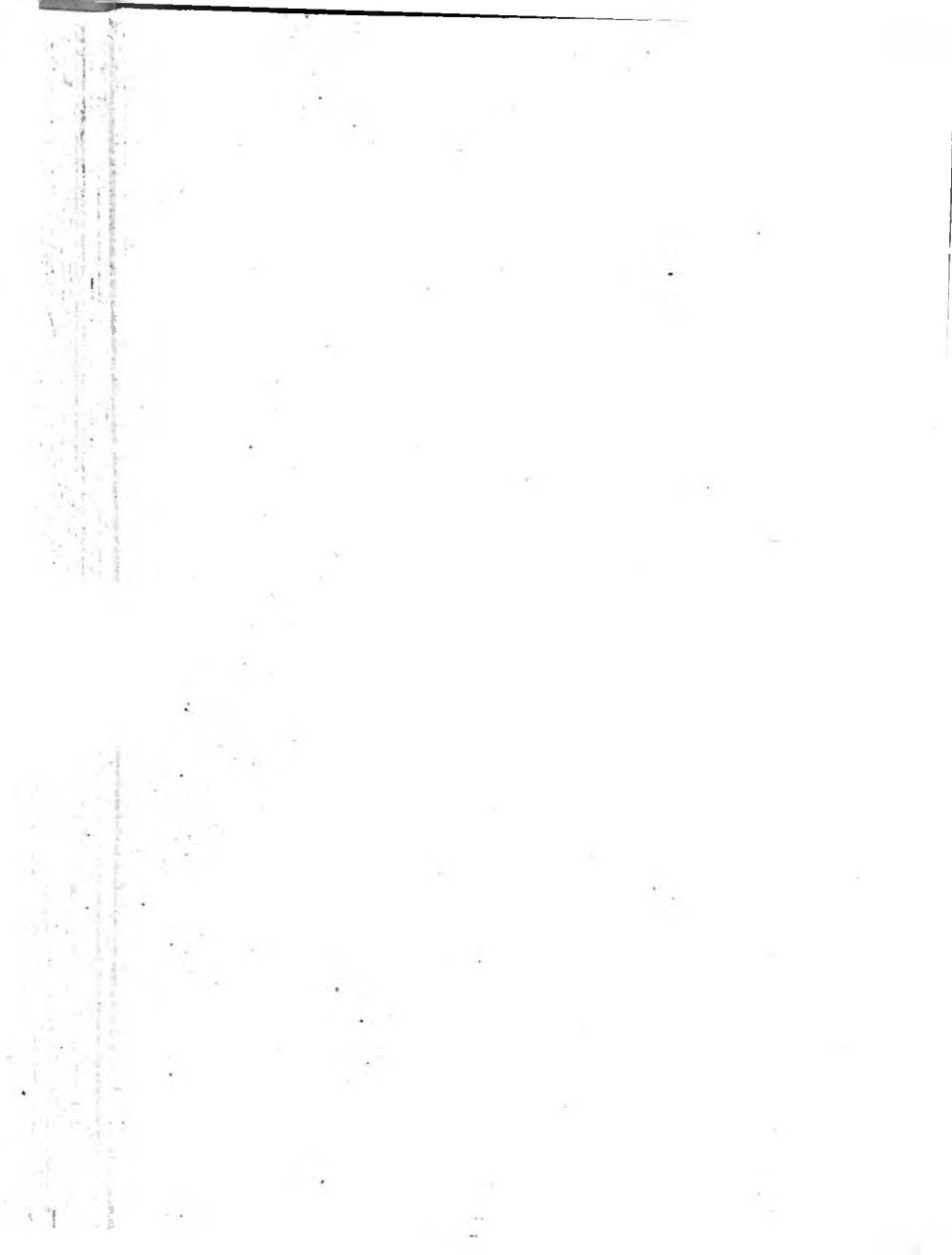
178 — Alidade. — Para trabalhos muito expeditos, poderemos obter uma alidade, aproveitando qualquer regua com duas agulhas espetadas bem normalmente.

179 — Eclimetro. — Para dar com aproximação as inclinações no plano vertical, pode servir um transferidor com um pequeno peso em perpendiculo. Para melhor definir a pontaria feita com o diametro do transferidor, é vulgar encosta-lo a uma pequena regua pela aresta da qual se olha.

180 — Clisimetro. — Para dar o valor das tangentes dos angulos de inclinação no plano vertical, pode servir um esquadro de desenho.

Para isso faz se, a cerca de meio centimetro de cada catheto, um furo no angulo recto do esquadro e a 10 centimetros d'esse furo traça-se uma recta parallela ao catheto maior, recta que dividiremos em millimetros, pondo o zero a uma distancia do lado menor egual á que separa aquelle furo do mesmo lado menor. Fixo um fio de prumo ao furo feito, bastará visar pelo catheto maior e fazer sobre a recta dividida a leitura correspondente á projecção do fio. Essa leitura será o valor da tangente do angulo de inclinação da pontaria, suppondo o raio egual a $0^m.1$.

181 — Stadia. — Com qualquer cartão delgado mas resistente, se pode improvisar uma stadia como as de mão, sem oculo (n.º 138).

182 — Nivel. — Um esquadro pode transformar-se em nivel, adaptando-lhe um pequeno fio de prumo, como nos niveis de pedreiro.

PARTE SETIMA

INSTRUMENTOS USADOS NA HYDROGRAPHIA PROPRIAMENTE DITA

Capitulo I — Apparelhos de sondar

§ 1 — MODOS DIVERSOS DE OBTER PROFUNDIDADES

183 — Noções geraes. — A profundidade das aguas é, como se sabe, n'um dado momento e logar, representada pela altura da camada liquida n'esse logar.

A profundidade ou *sonda* pode ser obtida por meios *directos* ou *indirectos*, fazendo-se n'estes ultimos applicação de alguns principios estudados na Physica.

184 — Apparelhos de medição directa das profundidades. — Variam as disposições d'estes apparelhos segundo a grandeza da sonda a obter.

Para profundidades inferiores a 4^m, tem especial applicação a *vara de sondas;* se a profundidade vae além dos 4^m até um maximo de 50^m, empregam-se os *prumos de mão*. Em maiores sondas e usando ainda de linha para suspensão do peso de chumbo, teremos de recorrer á *sondareza* que póde, n'um maximo de 500^m, fornecer a profundidade da prumada. Para fundos superiores a 500^m, a linha terá de ser substituida por fio ou corda metallica.

185 — Apparelhos de medição indirecta das profundidades. — Com o fim de se evitarem os erros resultantes da falta de verticalismo da linha ou fio de suspensão [1] e ainda no intuito de tornar possivel a determinação das grandes profundidades, navegando a toda a velocidade, ha varios systemas de apparelhos que registam a altura da columna d'agua que sobre elles exista.

Citaremos, como typo mais usual d'estes apparelhos, o *prumo de pressão de Thomson*, muito usado hoje a bordo dos

---

[1] Não tão grandes como aliás podem parecer á primeira vista, porque a inclinação de cima se não continua em baixo.

navios portuguezes; e ao tratar mais desenvolvidamente do assumpto, indicaremos a maneira facil de improvisar um prumo de pressão. Como méra curiosidade, incluiremos n'este curso a descripção do *bathometro Siemens* que, por meios indirectos, pode dar a altura da columna liquida sobre a qual é feita a observação.

§ 2 — APPARELHOS DE MEDIÇÃO DIRECTA DAS PROFUNDIDADES

186 — Vara de sondas. — Em fundos inferiores a 4^m e que devam ser estudados com o maximo rigôr, como acontece nas barras de alguns rios abertos á navegação, é muito conveniente o emprego de varas de 5^m, graduadas em decimetros, e como se indica na Fig. 74, correndo a graduação de baixo para cima. Essas varas são ferradas na base e ahi deve existir, na parte inferior, uma cavidade para collocação do sebo, como nos prumos vulgares.

Fig. 74 — Vara de sondas

Os decimetros do 2.º metro teem um ponto preto; os do 3.º dois pontos, etc., á semelhança do que se faz nas miras fallantes (n.º 146).

187 — Prumos de mão. — Apparelhos descriptos no curso de navegação e portanto já conhecidos. Empregados na determinação de profundidades de 4^m até 50^m e devendo ser manobrados á mão, como o seu nome indica, os prumos d'este typo teem de obedecer ás seguintes condições:

Circumferencia da linha . . . . $0^m.02$
Peso do chumbo, em media . . . . $4^k.5$

A linha pode ser graduada da seguinte forma:

Nos primeiros 10^m	No 5.º metro	: duas pernadas de merlim falcaçadas;
	dentro de cada serie de 5 metros:	em cada metro tantas voltas de merlim quantos os metros a partir da origem da serie;
	em cada meio metro	: uma pernada de linha.

Nos 10ᵐ........................	um trapo de filleli encarnado			
» 20ᵐ........................	»	»	»	azul
» 30ᵐ........................	»	»	»	branco
» 40ᵐ........................	»	»	»	encarnado e branco
» 50ᵐ........................	»	»	»	azul e branco

NOTAS.

I — Nos intervallos dos 10ᵐ aos 20ᵐ, dos 20ᵐ aos 30ᵐ, etc., podem assignalar-se as graduações intermedias que julgarmos necessarias, usando as respectivas marcas aconselhadas para os primeiros 10ᵐ.

II — As graduações devem ser tanto mais numerosas quanto mais proximas do prumo, pois que ahi é que se torna necessaria uma maior exactidão e rapidez nas avaliações; emquanto que nas maiores profundidades, além de não ser necessario tanto rigôr, ha tempo para avaliar as fracções. Com a suppressão das marcas para os pontos mais affastados do prumo, se consegue tambem uma menor fricção da linha na agua e portanto uma menor perda de velocidade na descida.

III — As côres do filleli obedecem, nas dezenas, aos valores estabelecidos no Regimento de signaes da Armada.

IV — Convindo, nos trabalhos de sondagem indispensaveis á hydrographia, usar do possivel rigôr na determinação das profundidades, ha toda a vantagem em evitar marcas que possam estorvar a queda do prumo, para que a direcção da linha seja, quanto possivel, proxima da vertical na occasião da prumada; d'aqui a necessidade de substituir nós e pinhas por pernadas de linha e marcas como as de filleli.

V — Embora a bordo as linhas de prumo para os usos da navegação sejam, entre nós, habitualmente graduadas em braças, teremos nos trabalhos hydrographicos de empregar linhas de graduação em medidas metricas, por isso que as sondas nas cartas portuguezas teem de ser expressas em metros.

188 — Sondarezas. — Apparelhos descriptos no curso de navegação e portanto já conhecidos. Empregados na determinação de profundidades comprehendidas entre 50 e 500ᵐ, devem os prumos d'este typo obedecer ás seguintes condições:

	De 50ᵐ a 90ᵐ	De 90ᵐ a 225ᵐ	De 225ᵐ a 500ᵐ
Circumferencia da linha....	0ᵐ.02	0ᵐ.02	0ᵐ.035
Peso do chumbo em media	6ᵏ	20ᵏ	30ᵏ

A linha pode ser graduada da seguinte forma:

Nos primeiros 50^m	em cada dezena. um trapo de filleli, seguindo-se nas côres a ordem estabelecida para as dezenas de metros no prumo de mão;
	dentro de cada dezena: a meio intervallo uma pernada de linha, marcando os cinco metros.
De 50^m a 100^m	O mesmo que para os primeiros 50^m, repetindo-se os trapos de filleli pela mesma ordem de côres e marcando o meio intervallo das dezenas como foi indicado.
De 100^m a 500^m	em cada centena: tantas pinhas quantas as centenas de metros a contar da origem.
	dentro de cada centena: marcas de filleli de 20^m em 20^m, seguindo-se nas côres a ordem estabelecida para as dezenas dos primeiros 50^m

NOTA. — São applicaveis ás graduações da sondareza as notas II, IV e V do n.° anterior.

189 — Preparação das linhas de prumo e modo de obter os comprimentos para as graduações das mesmas linhas. — A linha deve ser bem molhada, distendida e destorcida antes de se graduar. Em viagem procede-se a essa operação, largando a linha a reboque do navio durante 24^h e, se a velocidade não fôr grande, convirá ligar ao chicote de fóra um pequeno peso. Quando se está fundeado, a preparação da linha faz-se suspendendo-a do tope de um dos mastros, bem carregada com pesos para desbolinar e distender, conservando-a depois durante um dia molhada em agua.

Em qualquer dos casos, a marcação tem de ser feita antes da linha seccar e estendendo-a com uma força proximamente egual ao peso que tem a supportar. Obtidas no convez, de pôpa á prôa, as marcas separadas por distancia conveniente, procede-se á graduação da linha, havendo toda a vantagem em que essa distancia seja pelo menos de 10^m, sub-dividida em metros para evitar, dentro de cada dezena, a accumulação d'erros que se originariam sempre que a marcação fosse feita seguidamente, metro a metro.

190 — Verificação das linhas ao servirem; tabellas e graphicos das correcções. — Apezar de todos os cuidados anteriormente apontados, as linhas não ficam por muito tempo exactas, soffrendo quasi sempre encurtamentos; é necessario, portanto, como regra geral e especialmente nos primeiros tempos de uso, verifica-las com o possivel rigôr.

Procede-se á verificação, usando de todos os cuidados que

houve para a graduação, excepto os referentes ao estar a linha de môlho em agua, tempo que agora se reduz ao sufficiente para essa linha se embeber de liquido, depois do que se distende e compara com os comprimentos dados pelas marcas no convez. D'essa comparação podemos concluir uma tabella de correcções correspondentes aos differentes comprimentos a contar da origem e se quizermos levar mais longe a aproximação, tratando-se de comprimentos intermediarios, poderemos construir um graphico especial.

191 — Carreteis para enrolar as linhas. — Sempre que haja a prumar em fundos superiores a 20^{m}, é de toda a vantagem empregar *carreteis* para enrolamento da linha de prumo. Esses carreteis, analogos ao da linha de barca, precisam ter manipulo para enrolar e o eixo trabalhando em montantes ligados a uma prancha que se possa fixar á embarcação. Para facilidade no içar da linha, é conveniente que esta passe por um retorno, podendo servir para esse fim uma patesca suspensa em antenna disparada fóra da borda.

192 — Disposição para, em viagem, prumar com a sondareza. — A operação vulgar de prumar com a sondareza, é trabalhosa e exige que se páre o navio quasi completa-

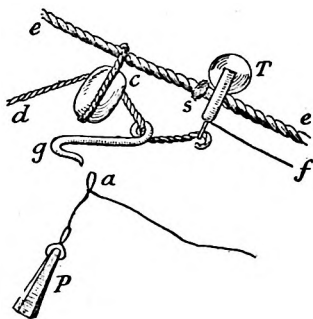



Fig. 75 — Disposição para prumar com a sondareza

ee — cabo bem tesado, passando do laes do traquete a um turco de ré.
c — moitão de retorno do cabo que ala o prumo para o laes.
g — gato onde vae suspenso o prumo *P* pela alça *a*.
T — moitão servindo de carro.
s — pinha para reter o carro e fazer revirar o gato.
f — retenida para levar o carro para ré.

mente na occasião da prumada. Para se evitar a passagem á mão e o fazer e desfazer da linha ao peso e ainda para se ter uma maior velocidade na descida do prumo, poderemos usar com vantagem o apparelho representando na Fig. 75, apparelho de facil arranjo a bordo e com o qual o prumo se larga de vante a barlavento, do laes do traquete ou de antenna que o possa substituir.

Uma tal disposição tem sido empregada em navios portuguezes, servindo o guincho do cabrestante para auxiliar a manobra de içar o prumo.

193 — Prumo de lança. — A natureza do solo submarino pode ser determinada até alguns decimetros abaixo da superficie do fundo, recorrendo ao emprego dos *prumos de lança*. Essas determinações teem particular interesse nos logares de fundeadouro.

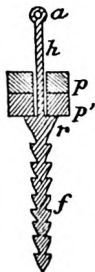



Fig. 76 — Prumo de lança

a — olhal para fixar a sondareza.
h — haste do prumo, a que se segue o resbordo *r* encimando o farpado *f* terminado em ponta.
pp' — pesos addicionaes de chumbo enfiados na haste *h*.

O prumo de lança, cuja secção está representada na Fig. 76, é constituido exclusivamente por uma peça de ferro forjado destinada a enterrar se no fundo.

Coberto de sebo o farpado do prumo, é este arreado para o fundo, deixando-o correr com bastante velocidade, havendo toda a vantagem em enrolar a linha n'um forte carretel para que, no acto da descida, se não dê qualquer desastre ou avaria, sobretudo sendo grande o peso do prumo.

194 — Prumos de fio ou corda metallica. — Em profundidades superiores a 500^m, torna-se indispensavel a substituição da linha de cabo por fio ou corda metallica, geralmente d'aço galvanisado.

Para o manejo de taes linhas metallicas são precisos apparelhos especiaes, onde n'um tambor bastante resistente se enrole o fio, o qual possa ainda ser facilmente desenrolado e sustado no seu movimento descencional quando o prumo chegue ao fundo. Os apparelhos mais aperfeiçoados teem disposições para regular as velocidades na descida e travar o desenrolamento da linha quando o fundo é attingido, podendo a operação de içar o prumo ser realisada mechanicamente, pelo vapor ou pela electricidade. Todos estes apparelhos costumam ter contadores especiaes que marcam a quantidade de linha desenrolada. Os pru-

mos propriamente ditos são da especie d'aquelles designados pelo nome de *prumos de peso perdido*, cuja invenção é devida, como se sabe, ao aspirante Brooke da marinha americana (1854).

Arreado o prumo, logo que o fundo é attingido, o cabo *E* solta-se do gato *Y* e a bala *A* desliga-se da haste *B*. No estojo inferior ficam depositados os detritos para conhecimento da

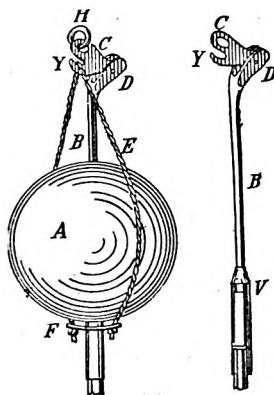



Fig. 77 — Prumo de Brooke

A — bala constituindo o peso perdido.
B — haste de ferro que atravessa a bala *A* e que termina inferiormente por um estojo munido da valvula *V* que se abre de dentro para fóra. Dentro d'esse estojo se collocam algumas pennas de pato.
C — peça de ferro munida de um gato *Y* onde se apoia, pelo seio, o cabo *E* cujos chicotes se fixam no disco *F* que supporta a bala *A*.
H — olhal onde se fixa a linha de prumo.

natureza do solo submarino. Durante o movimento ascencional conserva-se fechada a valvula *V*, e o prumo, tendo perdido grande parte do peso, é facilmente içado.

195 — Apparelho de fio metallico de possivel arranjo com os recursos de bordo. — Na possivel falta de bons apparelhos de prumar que utilisem o fio metallico, pode improvisar-se a bordo um apparelho que sirva na maioria dos casos em que haja a sondar junto ás costas e na exploração de

bancos oceanicos. Os esclarecimentos que em seguida damos, completam o que se pode perceber da inspecção das Fig. 78 e 79.

Na Fig. 78 é:

T — tambor de enrolamento do fio; deve este ter pelo menos 2$^{mm.}$ de circumferencia e ser bem resistente.

— ravador com cabo para ser manejado, com a mão esquerda, durante a descida do prumo.

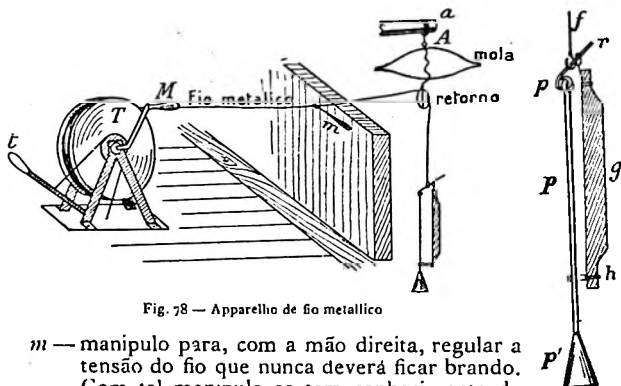



Fig. 78 — Apparelho de fio metallico

Fig. 79

m — manipulo para, com a mão direita, regular a tensão do fio que nunca deverá ficar brando. Com tal manipulo se tem conhecimento do momento em que o prumo attinge o fundo.

A — mola para amortecer os puxões resultantes do balanço do navio. A essa mola se fixa o moitão de retorno do fio.

a — antenna a cujo laes se liga a mola *A*, disparando-a para fóra da borda.

M — manipulo para enrolar o fio.

A Fig. 79 representa o prumo de peso perdido:

g — peso perdido, formado por uma ou mais grelhas inutilisadas.

pPP' — prumo propriamente dito: haste de ferro terminada no peso *P'* de 2^{k} (de chumbo) com cavidade inferior para reconhecimento da natureza do fundo.

r — alavanca com olhaes, servindo um para n'elle se fixar o fio metallico *f* e o outro para receber o prumo propriamente dito *pPP'*.

h,*h* — alças de fio d'arame que ligam o peso perdido ao systema.

Arreado o prumo, logo que o fundo é attingido, a alça superior solta-se da alavanca r e a inferior recorrerá para a base P', soltando-se por fim o peso perdido na occasião de começar a içar o prumo propriamente dito.

Não é indispensavel mas conveniente que junto ao eixo do tambor e do lado opposto do manipulo, haja um conta voltas que poderá ser graduado em relação a profundidade.

Na falta de fio d'aço galvanisado, pode servir, até profundidades não muito superiores a 1:000 metros, o fio de latão temperado como geralmente vem do mercado e tendo um diametro de cerca de 2^{mm}.

NOTA — A bordo da canhoneira «Açôr» foi improvisado um apparelho como o descripto, tendo-se com elle feito algumas sondagens em boas condições.

196 — Considerações complementares relativas ao emprego dos fios metallicos nos prumos. — Com qualquer fio e principalmente com o d'aço, é necessario evitar a formação de cócas as quaes diminuem notavelmente a resistencia do fio á tracção; é sobretudo no arrear do prumo e principalmente no momento em que este attinge o fundo, que maior cuidado deverá haver para que taes cócas se não formem. Sempre que estas appareçam, deveremos por ellas partir o fio e emenda-lo depois, bastando para isso, no fio d'aço, enrolar as extremidades uma sobre a outra e no de latão, dar cóte, antes de enrolar os extremos.

Um fio d'aço de $2^{mm}.4$ de circumferencia tem uma carga de ruptura de 100^{k}; mas o peso do prumo nunca deve chegar a esse valor, nem mesmo até ultrapassar a metade da carga de ruptura.

O prumo deve ser largado pelo bordo opposto ao do abatimento do navio.

§ 3 — APPARELHOS DE MEDIÇÃO INDIRECTA DAS PROFUNDIDADES

197 — Prumo de pressão de Thomson. — Funda-se este apparelho, como se sabe, no principio da diminuição do volume experimentada pelo ar, occupando um espaço limitado, sob a acção da pressão ás differentes profundidades a que desce o prumo propriamente dito.

Tendo este apparelho sido descripto no curso de navegação, não voltaremos a estuda-lo aqui.

198 — Prumo de pressão de facil improviso. — Na falta de um prumo de Thomson, poderemos construir com relativa facilidade um apparelho para determinação de profun-

didades em trabalhos de hydrographia expedita, apparelho que se funda no principio exposto no n.º anterior. Representado na Fig. 80 o improvisado prumo de pressão, bastam os esclarecimentos que damos, para complemento do que se pode perceber inspeccionando a mesma figura.

Fig. 80 — Prumo de pressão

VV' — tubo de vidro de $0^m.01$ de diametro interior, ligado por braçadeiras de gutta-percha — *g.g'* — a uma prancha *TT'*. O tubo tem cerca de $0.^m5$ de comprido e é aberto superiormente.

t — tubo aberto que se liga á parte superior de *VV'*.

H — tampa de vidro fazendo charneira em *a* e apertada por uma taramela *e*.

E — escala de profundidades.

L — sondareza.

P — prumo propriamente dito, e com o peso conveniente para rapida descida do apparelho.

Por cima de todo o systema deve haver uma tampa de protecção aberta a meio.

Arreado o apparelho, tapado e cheio só de ar, a quantidade d'agua que traz, ao ser içado, é funcção da profundidade a que desceu; não teremos, pois, mais do que marcar experimentalmente sobre o vidro as alturas da agua depois das descidas do prumo ás differentes profundidades de 5, 10, 20, 40, 100, 150, 200 metros por exemplo, servindo-nos depois o graphico respectivo para calcular as alturas da agua em sondas intermedias.

NOTA. — Para que a graduação não indique fundos maiores dos que realmente existem em diversas circumstancias da atmosphera e de mar, deveria essa graduação ser feita em condições impossiveis de realisar completamente, devido ás variações a que estão sujeitas a pressão, temperatura e humidade da atmosphera, a densidade das aguas do mar, etc.; comtudo, se a graduação tiver sido feita em circumstancias em que haja a contar com valores medios para aquellas varia-

veis, o processo pode dar resultados sufficientemente approximados em trabalhos de hydrographia expedita.

199 — **Bathometro Siemens.** — Funda-se este apparelho no seguinte principio: a attracção exercida sobre um corpo pesado, collocado á superficie da Terra, é proporcional á densidade das camadas situadas inferiormente a elle; d'aqui, uma maneira engenhosa de obter a profundidade pela differença de densidades entre a parte solida e liquida do globo. [1]

Está representado o bathometro na Fig. 81 acompanhada dos necessarios esclarecimentos.

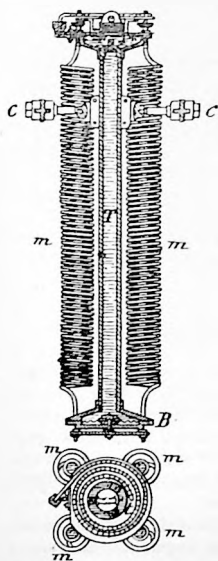



Fig. 81 — Bathometro Siemens

T — tubo d'aço contendo mercurio que, pela acção do seu peso sobre a base *B*, obriga á distensão as molas *m*, *m*, *m*, *m*; equilibrando-se d'esta forma a pressão exercida.

c,c — supportes para adaptar o tubo a uma suspensão Cardan.

t — tubo de vidro enrolado horisontalmente em espiral, cheio de azeite e graduado empiricamente. Esse tubo communica com a parte superior da columna mercurial.

Eis como funcciona o apparelho: — quando a camada d'agua sobre a qual passa o navio augmenta de espessura, a pressão exercida pela base *B* sobre as molas diminue, o mercurio sóbe e leva adeante de si a columna de azeite alojada no pequeno tubo de vidro; o inverso se dá quando a camada liquida diminue de altura; n'este caso ha maior pressão de *B* sobre as molas, a columna mercurial desce e portanto recuará a columna de azeite.

O facto de o bathometro de Siemens nos indicar apenas a profundidade media n'uma certa extensão maritima, torna-o incapaz de substituir os prumos; por esse e outros inconvenientes foi posto de parte o emprego do bathometro em trabalhos hydrographicos.

---

[1] São em media 2.75 e 1.026 as densidades respectivas á parte solida e liquida do globo.

Capitulo II — Apparelhos para estudo das marés

§ 1 — CONSIDERAÇÕES PREVIAS

200 — Noções geraes. — Os deslocamentos verticaes da superficie dos oceanos, mares e rios, deslocamentos principalmente devidos ás acções combinadas da Lua e Sol, constituindo o chamado phenomeno das marés, levam-nos ao estudo d'esse phenomeno, afim de que possamos fixar o valor de uma dada sonda a registar nas cartas hydrographicas.

Attendendo a que toda a sonda tem de ser definida pela posição do logar de sondagem e momento em que foi obtida, resultaria do cumprimento d'essa ultima condição a impossibilidade pratica de fornecer indicações uteis á navegação, se registassemos nas cartas o valor da sonda tal como foi obtido pelos apparelhos proprios. Considerado o problema na sua maior simplicidade, concluimos das considerações anteriores a necessidade de referir todas as sondas a um mesmo momento ou antes a um plano horisontal fixo que represente a posição da superficie das aguas n'um momento determinado. Entre nós adopta-se para plano de referencia o dos maximos baixamares no logar considerado [1]. Aquelle plano, conhecido pelo nome de *plano do zero hydrographico*, é fixado, como veremos em occasião opportuna, depois de feito, durante algum tempo, o estudo das marés locaes.

Constitue parte essencial d'esse estudo a determinação das amplitudes dos deslocamentos verticaes da superficie das aguas nos fluxos e refluxos das marés, determinação que pode ser feita recorrendo aos *marégraphos* e *marémetros*, apparelhos que serão separadamente estudados nos § 2 e 3 d'este cap.

201 — Marégraphos e marémetros; sua distinção. — Nos *marégraphos* são gravadas, por processos especiaes, as subidas e descidas da superficie liquida, obtendo-se uma

---

[1] Trataremos mais desenvolvidamente do assumpto em occasião opportuna.

curva cujas coordenadas são os tempos decorridos e as alturas da agua; com os *marémetros* obtemos, por leitura directa, as alturas da agua, sendo necessario fazer acompanhar o registo d'essa altura do da hora local respectiva.

§ 2 MAREGRAPHOS

202 — Marégrapho simples. — Se tomarmos um tubo vertical dentro do qual se mova um fluctuador ligado a uma haste muito leve, tambem vertical e que sustente a certa altura um porta-lapis horisontal; se esse porta-lapis encostar a uma folha de papel estirada em uma prancha posta verticalmente e com movimento uniforme de translacção horisontal, teremos realisado o *marégrapho simples.* Apoiado o fluctuador sobre as aguas, os deslocamentos verticaes da superficie liquida combinados com a translacção horisontal da prancha, levarão o lapis a traçar sobre o papel uma dada curva cujas ordenadas representam as alturas da agua e as abcissas os tempos decorridos.

— Se em vez de disposição tão simples, adoptarmos a que está representada na Fig. 82 (schematica), teremos um marégrapho mais perfeito.

t — tubo vertical em parte mergulhado.

f — fluctuador.

m — fio metallico passando pela golla da roldana *r*.

P — contrapeso para manter o equilibrio.

r — roldana cujo eixo termina, por um dos lados, em carrete que engrena em uma cremalheira a que está fixo o porta-lapis *l*.

C — cylindro dotado de movimento uniforme de rotação e ao qual encosta o lapis.

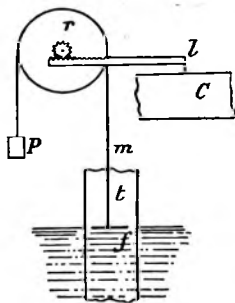



Fig. 82 — Marégrapho

Coberto o cylindro *C* com uma folha de papel, os deslocamentos verticaes da superficie liquida combinados com a rotação de *C*, levarão o lapis a traçar sobre esse papel uma curva cujas coordenadas são as que já apontámos.

203 — Marégrapho de Chazallon. — N'este marégrapho, o carrete e cremalheira representados na Fig. 82, são substituidos por um tambor concentrico com a roda *r*, tendo esse tambor enrolado em volta um fio metallico que, depois de passar em duas roldanas situadas nos extremos de uma regua de metal parallela ás geratrizes do cylindro *C*, prende as suas duas extremidades a um carro porta-lapis que se move sobre a regua.

O marégrapho de Chazallon, montado ha annos no Arsenal da Marinha, tem as seguintes caracteristicas:

Circumferencia	da roda *r*..................	1 m
»	do tambor...	0.m1
»	do cylindro *C*..............	0.m96

O cylindro completa uma rotação em 24h; portanto a cada hora corresponde um comprimento sobre o eixo das abcissas egual a 0.m04.

A relação das ordenadas da curva para as alturas correspondentes da maré, será egual a $\frac{0^m.1}{1^m} = \frac{1}{10}$

204 — Vantagens e inconvenientes dos marégraphos. — A principal vantagem dos marégraphos está no registo automatico das suas indicações, dispensando-se a permanencia de observador no logar de montagem, o que não succede com os marémetros. Como inconvenientes podem citar-se: o seu custo elevado; as difficuldades de installação; e ainda a reducção dos deslocamentos á escala do graphico, desvantagens que se não dão, como veremos, no emprego do marémetro, facilmente construido e installado, sendo em taes apparelhos os deslocamentos dados em verdadeira grandeza.

§ 3 — MAREMETROS

205 — Marémetro simples ou escala de marés. — A escala de marés é uma regua graduada que se fixa verticalmente e mergulhada em parte, por forma que o seu extremo inferior nunca fique a descoberto. Essa regua tem geralmente 4m de comprido e pode ser feita de madeira ou metal, havendo vantagem no emprego do ferro estanhado, quando a applicação da escala tenha de ser demorada.

Para os usos da hydrographia, bastará graduar a regua em decimetros, podendo seguir-se nas graduações a disposição representada na Fig. 83.

Cada decimetro é indicado por um triangulo, para uma

mais facil apreciação dos centimetros; cada serie de triangulos d'um mesmo metro tem a mesma côr, preta ou encarnada, alternadamente; os triangulos correspondentes aos meios metros pintam-se a côr escolhida de entre as duas, de modo a melhor se distinguirem.

Fig. 83
Marémetro simples

Nas partes em branco escrevem-se, dentro de cada metro, os algarismos dos decimetros a contar de cima para baixo [1] e para assignalar os decimetros do 2.º, 3.º e 4.º metro podem adoptar-se os pontos, á semelhança do que se aconselhou para a mira fallante e vara de sondas.

NOTAS — Como facilmente se comprehende, não é indispensavel a inscripção dos algarismos dos decimetros, por isso que nas leituras se dispõe do tempo sufficiente para chegar ao conhecimento da graduação correspondente ao nivel da agua. Em certas condições, ha até vantagem na suppressão d'aquelles algarismos: sempre que se tenha de se proceder á leitura com pouca claridade.

— A tinta usada nas pinturas deve ter bastante oleo para resistir mais tempo á acção da agua.

206 — Estabelecimento de uma escala de marés. — São da maxima importancia a escolha do local e mais condições a que é preciso attender, quando se pretenda estabelecer uma escala de marés.

— Quanto á escolha de local para installação do marémetro, attenda-se a que é indispensavel buscar sitio onde se façam sentir livremente o fluxo e refluxo das aguas devidos ás marés, havendo ao mesmo tempo o maximo abrigo das maresias ou ondulações. Convirá, ainda, preferir logar proximo do navio, porque assim se facilitam as communicações indispensaveis e até em alguns casos será possivel observar mesmo de bordo com o auxilio de binoculo.

— A escala fixa-se verticalmente, sempre que seja praticavel, a uma parte de construcção ou rochedo que se possa considerar inabalavel; nos demais casos, teremos de recorrer a meios de occasião que deem o indispensavel verticalismo e necessaria solidez á installação, convindo dispôr sempre a

[1] Adoptada a numeração a contar de cima, mais difficeis serão os enganos na leitura, por isso que buscamos immediatas referencias na parte emersa da escala. Em todas as nossas considerações futuras supporemos o zero da graduação na parte superior do marémetro.

regua parallelamente á acção dos maiores esforços que tenha de supportar, como são os do vento e das correntes d'agua.

A Fig. 84 representa uma installação da escala, possivel em muitos casos, quando não haja muralha ou rocha a que a regua se fixe.

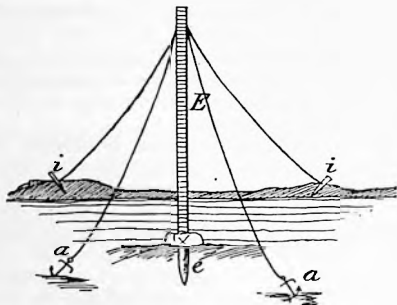



Fig. 84 — Montagem de uma escala de marés

e — estaca ferrada, de cerca de 1,^{m} á qual se liga fortemente um grande peso que pode ser um linguado de lastro.
E — escala de marés fixa por parafusos á cabeça da estaca *e*.
i,i — estacas na praia e onde se amarram os chicotes de plumas passadas á cabeça da escala *E*.
a,a — ancorotes espiados para o lado do mar e onde se fixam os chicotes de plumas como as anteriores.

— Como regra geral, a installação de uma escala de marés deve ser feita em occasião de baixamar, sendo indispensavel, no momento de a fixar, attender á profundidade a que deverá ficar o seu extremo inferior, de modo a evitar-se que em marés mais baixas a regua fique toda a descoberto. O conhecimento previo do valor aproximado das amplitudes da maré no local do trabalho, valor que nos casos geraes se pode obter consultando a carta da costa proxima, basta para nos indicar a posição mais conveniente dos extremos da regua, afim de evitar um transtorno de falta de indicação em qualquer baixamar ou preamar, quando a amplitude maxima a esperar se não aproxime dos 4,^{m} isto é, do comprimento da escala.

Em locaes em que o desnivelamento das aguas se aproxima dos 4^{m} ou os passa, é em geral necessario montar mais de uma escala de marés, proximas umas das outras e ficando como que escalonadas.

NOTA. — Se apezar de todos os cuidados, se der o facto de ficar a descoberto a parte inferior da escala de marés nos maiores baixamares durante o periodo das observações, poderemos obter indicações acceitaveis, espetando verticalmente uma vara de sondas em sitio proximo sempre coberto. Durante o tempo em que a escala de marés não é molhada pela agua, as observações serão feitas lendo as graduações da vara, d'onde facilmente passaremos para as correspondentes da escala, supposta prolongada.

207 — **Leitura da escala de marés.** — A leitura da posição do nivel d'agua, correspondente a cada momento de observação, deve ser feita muito cuidadosamente e se houver ondulação terá essa leitura de ser determinada pela media de duas successivas alturas, minima e maxima, ou vice-versa, da mesma onda.

208 — **Marémetros de tubo.** — Quando no logar em que tenha de se installar uma escala de marés haja sempre maresias que prejudiquem a observação, mesmo quando feita tomando a media das leituras para valor approximado (n.º anterior), ha necessidade de empregar tubos de protecção que, permittindo a entrada livre das aguas, diminuam consideravelmente as oscillações do nivel.

Fig. 85 — Marémetro de tubo

t — tubo aberto na parte superior e tendo inferiormente varios orificios para entrada e sahida da agua.
f — fluctuador dentro do tubo.
E — escala graduada ligada ao fluctuador.

A Fig. 85 representa, em secção, um *marémetro de tubo* dos mais simples.

Os deslocamentos verticaes do nivel das aguas são obtidos fazendo leituras na escala, correspondendo essas leituras a um mesmo plano fixo horisontal, plano que pode ser o da abertura superior do tubo.

Em logar da haste graduada pode, como é usado em alguns portos de Portugal, o fluctuador ser ligado a um fio metallico que passando em retornos faz mover um indice sobre uma escala. Se este indice arrastar outros dois que abandone nos seus desvios maximos para um e outro lado da posição media, ter-se-ha registado automaticamente a altura attingida pela agua nos baixamares

e preamares. N'estes marémetros ha a contar com a grandeza do fio.

209 — Referencia do marémetro. — E' indispensavel, logo depois de havermos estabelecido uma escala de marés ou marémetro de tubo, referir um dos seus pontos a uma posição fixa em terra, posição definida por um traço chamado por esse facto *referencia do marémetro;* só assim poderemos confiar nas indicações de taes apparelhos, verificando em qualquer occasião a fixidez da installação feita ou reconhecendo qualquer deslocamento havido, deslocamento a que teremos de attender, para convenientemente modificarmos as indicações do apparelho, de modo a que os resultados não venham influenciados por essa causa de erro.

Se a escala de marés foi estabelecida ficando em contacto immediato com parte de construcção, muralha ou rochedo, facil é marcar sobre o encosto da regua um signal correspondendo a qualquer das graduações; se, porém, a escala de marés tem installação diversa, teremos de recorrer a meios especiaes para obter a necessaria referencia.

a) Empregando instrumentos que deem direcções horisontaes, como os niveis, o theodolito e a alidade eclimetro [1]. — Nas condições mais favoraveis, escolhido um sitio firme e resistente, em posição de nivel não muito affastada da parte central da escala de marés, com uma só estação do instrumento — nivel, theodolito ou alidade, — poderemos indicar, por um traço horisontal no sitio escolhido, a referencia correspondendo a uma dada leitura da escala, ou vice-versa, buscar na escala a graduação ao nivel de um ponto ou traço tomado como referencia; se, porém, entre esta e a escala houver grande differença de alturas, determinaremos essa differença, tomando uma dada divisão da regua e empregando uma mira de nivel. No caso em que essa differença possa ser determinada com uma só estação do instrumento, procederemos como foi indicado no n.º 162; quando, porém, haja a estabelecer mais de uma estação, procederemos como será indicado quando mais desenvolvidamente tratarmos de nivelamentos.

NOTA. — Se se trata de um marémetro de tubo, Fig. 85, como a escala é movel, convirá naturalmente tomar a parte superior do tubo para a ella referir os nivelamentos indicados, na marcação da referencia fixa em terra.

b) Empregando o horisonte de mar, estando o ponto de referencia proximo da escala. — Supponhamos montada a escala

---

[1] Comprehende-se que não seja necessario um grande rigôr na determinação da referencia.

como indica a Fig. 86 e seja b' a referencia escolhida. Se não podermos de b' dirigir directamente a pontaria para o horisonte de mar, collocaremos sobre b' uma regua $a'b'$ e visando o horisonte pelo extremo superior d'ella, leremos na escala de

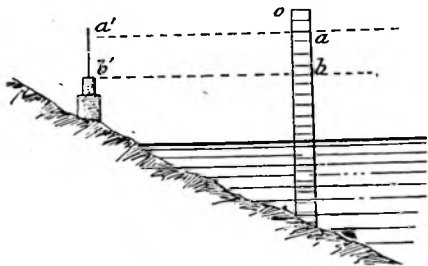



Fig. 86

marés a graduação a. A divisão b correspondente a b' será evidentemente dada pela egualdade:

$$ob = oa + a'b'$$

210 — Avaliação dos tempos correspondentes ás observações de alturas da agua na escala. — Como já dissémos, ha necessidade de se registarem as horas, tempo medio do logar, correspondentes ás diversas observações de alturas da agua. Os relogios vulgares, sendo regularmente bons e acertados diariamente, servem áquelle fim; mas o acertar do relogio obriga a uma comparação diaria que se torna difficil quando o navio esteja em logar affastado do de montagem da escala de marés. Sempre que seja possivel, ha toda a conveniencia em dar diariamente a hora ao observador da escala, transportando essa hora em relogio bom ou transmittindo-a por meio de signal proprio.

Não sendo possiveis ou faceis estas communicações, é necessario construir um relogio de sol que nos possa dar o tempo verdadeiro, bastando então o conhecimento das equações de tempo para termos a hora conveniente de registo. Para construir um relogio de sol procuremos, em primeiro logar, obter uma superficie horisontal AB [1], Fig. 81, sobre a qual colloca-

[1] Não querendo construir pilar proprio, poderemos recorrer a uma prancheta.

remos um *gnomon* improvisado *ab* de facil construcção. Projectemos verticalmente o orificio superior, recorrendo a um fio

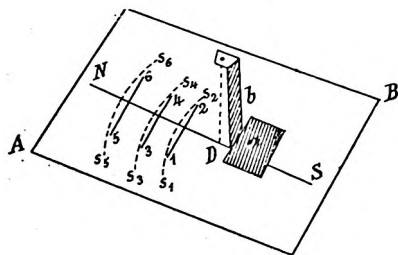



Fig. 87 — Gnomon improvisado

a — soleira horisontal que se deve carregar com pesos.
b — regua vertical terminada por chapa horisontal munida de um orificio.

de prumo; obteremos assim um ponto *D*. Descrevamos de *D* como centro varios arcos de circumferencia s_1 s_2, s_3 s_4, s_5 s_6 etc.

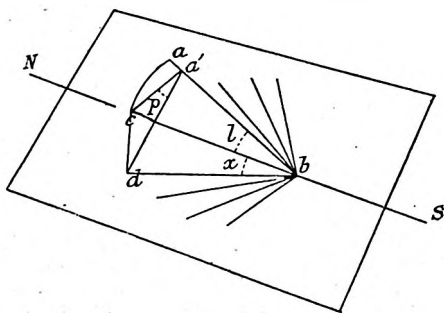



Fig. 88

Esperaremos que o ponto luminoso, produzido pelos raios solares passando atravez do orificio, occupe posições taes como 1 e 2, 3 e 4, etc., sobre os arcos descriptos. A normal *NS*

commum ás linhas 1 e 2, 3 e 4, etc., dará, com bastante approximação, a direcção *N-S* verdadeira [1].

Obtida a projecção horisontal do meridiano do logar, construa-se, Fig. 88, um sector *abc* de angulo *b* egual á latitude *l* do logar e tendo o vertice para o lado do polo abaixado.

Imaginemos agora em *c* tiradas, nos planos horisontal e vertical, as perpendiculares *cd* e *ca'* a *NS* e unamos *d* com *a'*. Se suppozermos em *d* uma das posições do ponto luminoso, será n'essa occasião $ca'd = P$ o valor do angulo horario do sol e o angulo *x* da linha de sombra da aresta *ab* com *NS* poderá ser dado pela egualdade:

$$tgx = tgPsenl$$

facilmente deduzida da figura; dando pois a *P* differentes valores, teremos os correspondentes valores de *x* para traçado das linhas de sombra.

NOTAS. — A determinação da linha *N-S* verdadeira pode ser feita independentemente do auxilio de outro instrumento, quando se utilise, em vez do relogio de sol (quadrante horisontal), um quadrante equatorial a que se applique a disposição imaginada pelo aspirante da marinha portugueza Tavares da Silva, quadrante que tem a vantagem de poder ser empregado em qualquer latitude e que se não descreve aqui por falta de espaço.

— A direcção *NS* do meridiano pode ainda ser dada por qualquer dos processos indicados, em occasião opportuna, na *Parte* relativa ás «Determinações por processos astronomicos».

211 — Registo das observações relativas ás marés. — O modelo *C*, que apresentamos na pagina seguinte, mostra claramente o que deve ser mencionado n'um registo de observações de escala de marés. Além das alturas da agua e horas correspondentes, ha necessidade de registar varias circumstancias meteorologicas e relativas á agua, circumstancias que podem concorrer, em certos casos, para um melhor estudo do phenomeno das marés na localidade considerada.

212 — Possivel emprego de uma linha de prumo ou vara de sondas para conhecimento das alturas da agua. — Quando, por qualquer circumstancia, não seja possivel estabelecer uma escala de marés, poderemos obter indi-

---

[1] Os movimentos, em declinação, do sol verdadeiro alteram um pouco as nossas considerações. *NS* só será em rigôr a linha *N-S* verdadeira em occasiões de solsticios.

cações sobre o movimento vertical das aguas, recorrendo a successivas sondagens feitas com a linha de prumo ou vara de sondas, n'um mesmo logar. Esse logar pode ser junto ao do ferro do navio, estando este fundeado e usando boia de arinque; bastará então prumar de uma embarcação que, mettendo dentro aquella boia e alando convenientemente o cabo respectivo, se colloque quanto possivel na prumada do ferro. Estando o navio bem amarrado, bastará que as medições se effectuem sempre do bico de prôa.

Modelo C

Registo d'observações da escala de marés em ....

Local de montagem da escala	*Data (civil)* .... *de* .... *de 190*	*Observ.or* .... *Referencia fixa* .... *Alt.a do zero da escala sobre a referencia* ....

N.º d'ordem	Hora media do logar (horas e minutos)			Leitura da escala (metros, dec.os e cent.os)	Horas dos Preamares e Baixamares	Atmosphera				Superficie da agua				Data astronomica	Annotações
							Vento				Corrente				
	Pelo relogio	Correcção	Correcta, e astronomica			Pressão barometrica	Direcção	Força	Estado do tempo	Oscillação em centimetros	Direcção	Velocidade	Estado do mar		
	h. m.	m.	h. m.			mm.									
				,											
				,											
				,											
				,											

Capitulo III — Outros instrumentos e apparelhos usados na hydrographia para fins diversos

§ 1 — DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DAS SONDAS

213 — Goniometros especiaes para a hydrographia. — A posição de uma dada sonda pode ser determinada por varios processos que serão descriptos em occasião opportuna e usando de instrumentos taes como o theodolito, sextante, apparelho de alinhamentos, etc.

O sextante é, entre todos esses instrumentos, aquelle a que na maioria dos casos recorreremos, já como sendo instrumento de que sempre dispomos, já emfim pela pratica que todo o official tem do seu emprego nas observações em que quasi diariamente o applica.

O sextante vulgar, empregado a bordo, pode servir para trabalhos hydrographicos; ha, comtudo, sextantes especiaes obedecendo a certas condições que os tornam mais proprios á hydrographia.

Taes instrumentos satisfazem, em regra, ás condicões seguintes: *a) leves*, havendo-os até de aluminio; *b)* muito *portateis*, tendo, para isso, pequeno diametro; *c)* de *facil leitura* feita á vista desarmada, para o que aproximam só até minutos; *d) espelho central grande* para maior campo; *e) espelho pequeno reduzido á parte estanhada*, isto é, sem vidro na parte por onde se vê a imagem directa, o que tem a vantagem de menor perda de luz; *f) maior limite de graduação*, podendo dar angulos até 140°; *g) parafusos de rectificação bem protegidos*, por forma a manter bem a posição dos espelhos; *h) graduação em latão; i) aço dos espelhos bem protegido* de modo a evitar sobretudo os estragos produzidos pela agua.

Os antigos sextantes de madeira com escala de marfim bem embutida em bisel, tendo bôas rectificações, devem ser preferidos aos sextantes vulgares, nos trabalhos hydographicos.

O sextante para sondagens não precisa ter vidros córados; o uso de binoculos para substituir as lunetas, quando estas se tornem indispensaveis, é muito conveniente.

214 — Collocação das sondas immediatamente a serem obtidas. — Determinada, com o auxilio de goniometros, a posição de uma dada sonda na mesma occasião em que foi obtida a profundidade, convem collocar em prancheta especial a posição d'esta sonda, para immediatamente ajuizarmos da disposição geral do solo submarino e até mesmo reconhecer qualquer engano havido nas medições. Na impossibilidade de escrever immediatamente o valor da sonda reduzida ao plano do zero hydrographico (n.º 200), por isso que, em geral, durante os trabalhos de sondagem ainda não ha os necessarios elementos para executar aquella reducção, uma dada sonda é marcada na prancheta, como veremos em occasião opportuna, pelo seu numero de ordem escripto junto da posição que para a mesma sonda foi obtida.

Para execução d'esse registo, é vantajoso, quando os trabalhos de sondagem sejam feitos em escaler, usar de disposição como a indicada na Fig. 89.

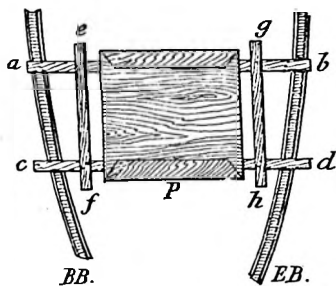



Fig. 89

ab e *cd* — travessas apoiadas sobre as falcas da embarcação.
ef e *gh* — reguas longitudinaes.
P — Prancheta.

§ 2 — SIGNAES DE REFERENCIA PARA SONDAGENS

215 — Generalidades. — As medições angulares para determinação de posições de sondas são sempre referidas a pontos notaveis escolhidos, podendo ser aproveitados, para tal

fim, os signaes que em terra se estabeleceram na execução dos trabalhos topographicos (n.º 170 a 173) ou quaesquer outros de que venha a ser reconhecida a necessidade, pontos de que teremos de determinar a posição referida a outros já conhecidos. Tratando-se da hydrographia propriamente dita, classificam-se os signaes adoptados em *marcas, balisas* e *boias*, classes que se distinguem pelo local de collocação; assim, chamam-se *marcas* aos signaes estabelecidos em terra; *balisas* aos levantados sobre as partes baixas no mar e *boias* aos fluctuantes sobre as aguas.

216 — Marcas. — Alem dos signaes descriptos nos n.os 170 a 173, poderemos improvisar, usando a cal, bôas marcas especiaes para sondagens, caiando troncos de arvores notaveis que se projectem em fundo escuro ou pintando figuras geometricas de grandes dimensões nas rochas e ribas das margens. Para estes ultimos signaes é necessario attender á illuminação do sol e grandeza a dar á marca, de modo a torna-la percebida a distancia conveniente.

217 — Balisas. — Sobre as partes baixas no mar e em sitio onde não haja rebentação ou grande corrente d'agua, poderemos com relativa facilidade estabelecer balisas de rapida construcção, empregando antennas com signaes de taboado ou lona que affectem formas de figuras geometricas, espiando por fim ancorotes ou fundeando pedras para fixação de plumas de reforço.

Uma vara, como a indicada no n.º 173, *b*), pode prestar bons serviços. Nos sitios onde haja maresias, o trabalho de enterrar a antenna ou vara pode não ser facil e então recommendam-se signaes como o indicado no n.º 173, *a*), tendo os pés carregados de pesos. Estes signaes fundeiam-se já armados.

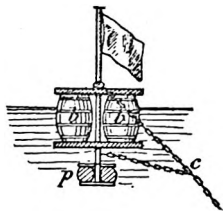



Fig. 90 — Boia signal

b.b. — barris vasios estanques.
p — peso para lastro.
c — corrente para fundear.

218 — Boias. — Quando não haja a bordo boias capazes de supportar um elevado signal, poderemos improvisar um fluctuador com barris vasios e bem estanques, adoptando a disposição indicada na Fig. 90, com a qual se obtem um signal empregando 4 barris e uma haste vertical encimada por uma bandeira.

Lastrada convenientemente esta haste, obtem-se o seu verticalismo, ligando a corrente de fundear ao fluctuador por intermedio de um *pé de gallinha*.

§ 3 — EXAME COMPLETO DO FUNDO

219 — Generalidades. — Por mais proximas que sejam as posições das sondas executadas n'um dado logar, nunca poderemos, apenas com as indicações dos apparelhos de sondar, garantir o perfeito conhecimento do fundo, na parte que se refere ao accidentado da sua superficie e natureza do solo. Esse conhecimento só se obtem, em profundidades não muito grandes, recorrendo a varios meios de que resumidamente vamos tratar. Pode, em algumas localidades, haver facilidade em obter indicações de grande utilidade e até de segurança, recorrendo ás informações dos indigenas e algumas paragens ha, ainda, em que a transparencia da agua e tranquilidade da sua superficie permittem um exame directo, convindo então e dentro de certos limites procurar sempre ponto elevado para melhor vêr o fundo (1).

Pondo de parte os escaphandros e sinos de mergulhador, daremos, nos numeros que se seguem, uma ideia dos apparelhos que, com relativa facilidade, nos servem para um exame mais minucioso do solo submarino em profundidades não muito grandes.

220 — Oculos de vêr o fundo. — Em aguas limpidas, mas agitadas, pode servir-nos, para observação do fundo, o oculo que a Fig. 91 representa.

C — cone de folha de 1^{m} de altura.

B — vidro formando a base e perfeitamente adaptado ao cone, de modo a dar-se uma completa vedação.

O — abertura para observar.

p.p — pesos para carregar o apparelho auxiliando a immersão.

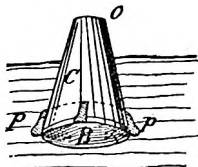



Fig. 91 — Oculo de vêr o fundo

Olhando-se de forma a evitar quanto possivel os raios luminosos vindos de fóra, consegue-se a visão distinta do fundo.

221 — Rocégas e fateixas. — Apparelhos estudados na aula propria e que por isso não descrevemos aqui.

Rocegando com uma ou duas embarcações ou empregando a fateixa a reboque, facil é obter o conhecimento da existencia de pedras ou rochas salientes no fundo que se pretende exa-

(1) E' por esta razão que se costuma mandar subir ao mastro de prôa uma vigia, quando se navega em paragens onde haja a recear o encalhe por falta de fundo.

minar, podendo-se ainda pelo tacto, tocando a rocéga ou cabo de reboque da fateixa, ajuizar da natureza do solo submarino.

222 — **Sondas d'alarme.** — Para auxilio da navegação teem sido recommendados apparelhos que, mergulhados á altura que se quer, dão signal logo que tocam o fundo; podem portanto servir para a exploração de algum perigo, cuja posição não esteja bem determinada.

§ 4 — AVALIAÇÃO DE CORRENTES

223 — **Generalidades.** — Uma corrente é caracterisada pela sua direcção e velocidade ([1]), e como existam correntes *superficiaes* e *profundas*, essas caracteristicas teem de ser obtidas á superficie, ou a determinadas profundidades. Um grande numero de apparelhos especiaes é hoje empregado para estudo das correntes; limitar-nos-hemos, porém, á descripção dos principaes.

224 — **Determinação das caracteristicas de uma corrente superficial.**

a) *Empregando garrafas de vidro bem rolhadas e cobertas de um tecido protector.* O conhecimento dos pontos de partida e chegada e o do tempo em que a garrafa se conserva em fluctuação sobre as aguas, permittem-nos calcular a direcção e a velocidade da corrente que fez deslocar o fluctuador.

b) *Empregando sillometros.* Os apparelhos que servem para determinar a velocidade do navio, quando em viagem, podem egualmente ser utilisados na determinação das caracteristicas de uma dada corrente superficial, estando o navio fundeado ou amarrado.

Com taes apparelhos obteremos a velocidade da corrente, podendo a direcção ser dada por marcação com uma das agulhas de bordo.

c) *Empregando apparelhos como o indicado na Fig. 92.* Abandonado o apparelho sobre as aguas e determinada, de tempos a tempos, a sua exacta posição, teem-se os necessarios elementos de estudo da corrente que originou os deslocamentos do fluctuador.

([1]) E' de uso avaliar a velocidade de uma corrente pelo espaço percorrido n'uma hora.

f — fluctuador de cortiça encimado por uma bandeirola.
A, *A* — anteparas de madeira ou lona postas em armação de

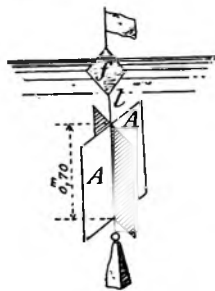



Fig. 92 — Fluctuador para correntes superficiaes

ferro, de modo a poderem unir-se para facilidade de transporte do apparelho.
l — linha de cabo.

NOTAS. — A boia deve ficar mergulhada proximamente tres quartos da sua altura, o que se consegue fazendo variar o peso do chumbo em suspensão.

— Afim de evitar a acção das vagas e do vento, devem as anteparas descer a uma profundidade entre $1^m.5$ e 2^m. O estudo feito a essa profundidade pode considerar-se como applicavel á superficie.

d) Empregando o fluctuador de Mitchell representado na Fig. 93. — Querendo determinar as caracteristicas da corrente superficial n'um dado logar, comece-se por ligar os dois recipientes por um fio de $2^m.5$ e mergulhe-se então todo o apparelho na agua, depois de convenientemente lastrados os recipientes *r* e *r'*, para o que poderemos empregar pedras dentro do cylindro inferior e alguma agua no superior.

Immerso o apparelho de forma que a parte cylindrica de *r'* fique totalmente mergulhada, iremos folgando de dentro do navio ou embarcação, suppostos immoveis, a linha graduada *l*, abandonando o fluctuador á acção da corrente. Marcada, com uma agulha, a direcção seguida pelo apparelho e notando a quantidade de linha arreada n'um dado intervallo de tempo, chegaremos facilmente á determinação das caracteristicas da

corrente que deslocou o fluctuador, corrente que, dado o pequeno comprimento do fio, se pode considerar superficial.

Fig. 93 — Fluctuador de Mitchell

r — recipiente cylindrico, tendo $0^m.30$ de altura.

f — fio d'aço, podendo n'um mesmo apparelho ter os comprimentos de $2^m.5$, de 5^m e de 10^m; assim se consegue, ligando-os uns aos outros, perfazer um desejado comprimento.

r' — recipiente de forma cylindrica continuado superiormente por uma parte tronco-conica com gargalo para adaptação de rolha. Este recipiente pode ser introduzido no cylindro *r*, quando cesse o funccionamento do apparelho.

l — linha graduada.

225 — Determinação das caracteristicas de uma corrente profunda.

a) Empregando fluctuadores de Mitchell. E' aconselhado por Thoulet (1), o processo que vamos expôr:

Supponhamos que de um mesmo logar *A*, Fig. 94, largavamos dois systemas de fluctuadores de Mitchell; um como o descripto no n.º anterior, para estudo da corrente superficial e outro com um comprimento de fio *f*, Fig. 93, egual á profundidade cuja corrente queremos determinar. Sejam *B* e *C* respectivamente as posi-

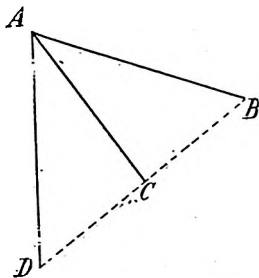



Fig. 94

(1) «Guide d'Oceanographie pratique» e «Oceanographie dynamique» por J. Thoulet.

ções dos systemas para estudo da corrente superficial e profunda no fim da unidade de tempo; se unirmos B com C e fizermos $CD=BC$, a linha AD representará, em grandeza e direcção, a corrente profunda.

b) Empregando um apparelho como o representado na Fig. 95. Reduzidas, quanto possivel, as dimensões do fluctuador superior e augmentando as do inferior, poderemos considerar que o systema se desloca sob a acção exclusiva da corrente inferior, e as caracteristicas d'esta corrente ficarão conhecidas, estudando o movimento da boia á superficie.

Fig. 95 — Fluctuador para correntes profundas

O apparelho representado na Fig. 95, muito analogo ao descripto no n.º 224 *c)*, pode satisfazer ás condições expostas [1].

NOTA. — A bordo do Challenger, nas suas campanhas oceanographicas [2], foi adoptado, para estudo das correntes profundas, um fluctuador muito analogo ao representado na Fig. 92, tendo a linha l o comprimento necessario e diminuindo quanto possivel o volume do fluctuador f (em ferro), de modo a poder considerar-se que o systema se deslocava sob a acção exclusiva da corrente inferior.

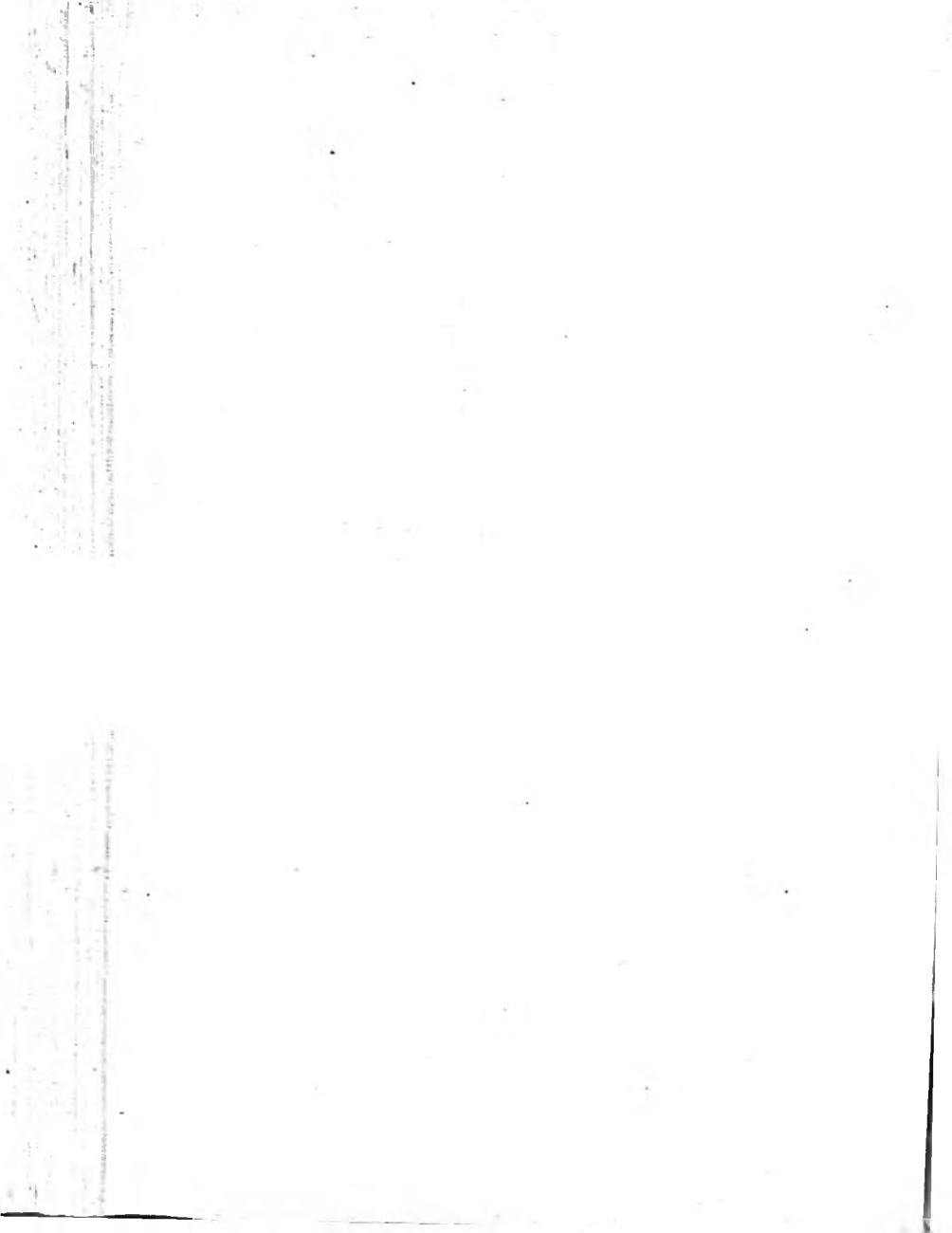
Fig. 95-A

Em pleno oceano e ao mesmo tempo que se procedia a estudos de sondagem e dragagem, era a determinação das correntes assim feita: — Arreada uma embarcação emquanto o prumo ou a draga se conservava no fundo, era aquella amarrada á linha d'estes apparelhos e, obtendo-se assim um ponto fixo de referencia, deitava-se de bórdo d'essa embarcação um apparelho muito analogo á barca de mão, apparelho que ia dar as caracteristicas da

(1) Tal é o processo mais empregado e que reputamos de resultados mais seguros,

(2) «The voyage of the Challenger» by Sir C. Wyville Thomson-London 1877.

corrente superficial (n.º 224 *b*)). Determinadas estas e mettida dentro a barca, era então desamarrada a embarcação e deitados simultaneamente ao mar, o fluctuador que descrevemos e o sector da barquinha. A embarcação acompanhando o fluctuador, sem por qualquer forma alterar os movimentos d'este, ia largando linha da barca sempre a pedido do sector, prolongando-se este trabalho até ao momento em que o espaço de tempo decorrido desde o principio das operações fosse egual ao que servio de unidade na determinação da corrente superficial. Marcada, de bordo da embarcação, a direcção do sector e registado o comprimento de linha arreada, teremos os necessarios elementos para determinação da corrente profunda. Se *AB*, Fig. 95-A, representar em grandeza e direcção a corrente superficial na unidade de tempo, elemento determinado como dissemos, e *BC* a direcção e distancia a que se encontra o sector da embarcação ou do fluctuador, no fim das operações, é evidente que *AC* representará a trajectoria do mesmo fluctuador n'aquella unidade de tempo e como se considera que o systema se deslocou sob a acção exclusiva da corrente profunda, é *AC* a representação das caracteristicas d'esta corrente.

O processo é, como vemos, apenas aproximado; n'elle se desprezam as influencias da corrente superficial e de quaesquer outras intermedias.

PARTE OITAVA

INSTRUMENTOS E UTENSILIOS DE DESENHO E COPIA DOS TRABALHOS HYDROGRAPHICOS

Capitulo I. — Instrumentos e utensilios de desenho

§ 1 — INSTRUMENTOS E UTENSILIOS PARA O DESENHO PROPRIAMENTE DITO

226 — **Reguas.** — As reguas são instrumentos de primeira necessidade para o desenho e quando sejam bôas merecem a qualificação de instrumentos de precisão, devendo como taes serem tratadas.

E' conhecido o processo elementar para verificação da aresta destinada ao traçado das linhas rectas; na applicação d'esse processo é necessario attender: a que o papel onde se traçam as linhas de experiencia seja estirado em superficie bem plana; a que a regua esteja egualmente carregada de pesos, e, finalmente, a que o lapis seja aparado em gume, escrevendo bem normalmente ao papel e encostado á regua.

Se a regua é graduada, deve-se pelo menos examinar a regularidade das suas divisões, o que facilmente se consegue, comparando, com um mesmo comprimento, um numero constante de divisões da regua, tomado em differentes partes da graduação.

Só as reguas metallicas podem inspirar inteira confiança, depois de um bom exame as acceitar como rigorosas; as reguas de madeira, principalmente por effeito da humidade, são susceptiveis de empenos, encurtamentos e dilatações de difficil apreciação e estudo. A aresta que fôr julgada bôa, quando não seja em bisel, deve ser marcada para se distinguir da outra.

As bôas reguas devem ser acondicionadas em caixas proprias, convindo sempre usar do maximo cuidado quando tenhamos de trabalhar com ellas.

227 — **Esquadros.** — Aos esquadros são applicaveis as considerações do numero anterior, por isso que as suas arestas desempenham funcções analogas á da aresta de uma regua.

Como seja muito difficil realisar e manter a perfeita esquadria, até nos esquadros de melhor fabrico como são os metallicos, nunca deveremos aproveitar esses instrumentos no traçado de linhas perpendiculares, traçado que só poderá ser feito com rigôr recorrendo a processos geometricos. O esquadro é especialmente destinado ao traçado de linhas parallelas.

228 — Cintél. — Compõe-se o *cintél* de dois cursôres metallicos que se adaptam e fixam a uma regua, podendo, assim dispostos, substituir com grande vantagem um grande compasso. O cintél é especialmente empregado no levantamento de grandes linhas rectas perpendiculares, ou em geral no traçado de grandes circulos e nos transportes de dimensões grandes.

229 — Curvimetros. Campilometros. Campilometro de Gaumet. — O *curvimetro*, como o seu nome indica, é instrumento destinado a medir o comprimento de uma dada

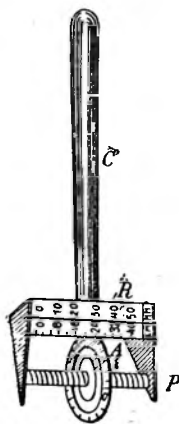



Fig. 96
Campilometro de Gaumet

A — Carrete de $0^m.05$ de circumferencia, graduado n'uma das faces em 40 partes eguaes e na outra em 50.

Na primeira face, cada divisão representará, pois, 100^m na escala de $^1/_{80000}$ e na segunda, a cada divisão corresponderá o valor $0.^m001$ ou 100^m respectivamente nas escalas natural ou $^1/_{100000}$.

P — Parafuso sem fim cujo passo é de $0^m.0015$.

R — Regua duplamente graduada: Os numeros da graduação inferior (0 a 40) indicam outros tantos kilometros na escala de $^1/_{80000}$; os numeros da graduação superior (0 a 50) correspondem a outros tantos centimetros ou kilometros respectivamente nas escalas natural ou $^1/_{100000}$.

C — Cabo.

curva, dispensando-se o trabalho fatigante e pouco rigoroso de substituir a medição da curva pela avaliação separada das pequenas fracções rectilineas cuja somma poderiamos suppôr aproximando-se da grandeza da curva dada.

O curvimetro é constituido essencialmente por um rolete movendo-se n'um parafuso ao qual serve de porca. Obrigando

o instrumento a percorrer uma dada curva, de extremo a extremo, tendo previamente collocado o rolete no começo do seu curso, poderemos obter a grandeza da linha percorrida, desandando depois o rolete sobre uma medida linear.

Afim de dispensar o emprego de medida linear de comparação, poderemos dotar o instrumento descripto de disposições especiaes que nos permittam obter directamente a grandeza da curva percorrida, quer em escala natural, quer emfim em qualquer outra escala considerada. O curvimetro com taes disposições toma o nome de *campilometro*. De entre os muitos typos de instrumentos d'esse genero, descreveremos, como um dos mais simples, o *campilometro de Gaumet*, representado na Fig. 96 e que pode immediatamente dar a grandeza da curva percorrida pelo carrete *A*, em escala natural e nas escalas $^1/_{80000}$ e $^1/_{100000}$.

Para medir uma grandeza linear, leva-se o carrete ao zero da regua e percorre-se com aquelle o comprimento a determinar; tendo depois em attenção a leitura conveniente, segundo a escala considerada, obteremos a grandeza natural considerando como centimetros ou kilometros os numeros lidos, em face do carrete, na regua *R* e sommando a esse valor a leitura feita na roda *A*, leitura que se resume em tomar tantos millimetros ou 100^m, quantas as unidades lidas no mesmo carrete e em face da regua *R*.

NOTA. — Pode o campilometro dar a grandeza natural de uma linha a medir, qualquer que seja a escala considerada. Basta, para isso, fazer a medição na escala natural e multiplicar depois o valor obtido pelo denominador da escala considerada; o producto será, em millimetros a grandeza natural pedida.

230 — Papel, lapis e tintas. — O bom papel de desenho deve ser consistente, não partindo facilmente pelas dobras, resistindo bem á borracha e permittindo, depois de esfregado com ella, que se desenhe a tinta sem esta alastrar. O papel de linho é o preferido; mas, por melhor que o papel seja, convem ter sempre em attenção as dilatações e contracções por effeito, principalmente, da humidade. Os mappas, que são geralmente impressos com o papel humedecido, não podem merecer completa confiança, ainda que as matrizes d'onde provenham estejam perfeitas. Para se ter um desenho que mantenha melhor a grandeza das suas linhas e a forma, é conveniente faze-lo em bom papel forrado a panno, como se vende no mercado.

Quando se tenha de empregar papel com quadricula, é indispensavel, em trabalhos mais rigorosos, verificar a regularidade da sua graduação. A este respeito, pode ser recommendado o papel da marca Fortin.

Ainda no desenho se empregam outras qualidades de papel, taes como: o tela e o vegetal, ambos transparentes, tendo o primeira a vantagem de maior duração. — Quanto aos lapis, não é indifferente a sua escolha; a marca Faber é a preferida, sendo o n.° 4 o mais rijo. Para o traçado de linhas rectas, convem empregar lapis rijos, aparados em gume, afiando-os com uma lixa fina de esmeril.

A tinta preta empregada no traço do desenho hydrographico é, como se sabe, a de Nankin, a qual, se é legitima, não alastra quando, depois de secca, se molhe o papel do desenho.

Na preparação das aguadas para colorido empregam-se: o carmin (ou laca carminada), a sepia, o azul da Prussia, o amarello (gomma-gutta), o Nankin e a terra de Sienna queimada.

§ 2 — TRANSFERIDORES

231 — Differentes especies de transferidores. — Desde o vulgar transferidor de escama ao conhecido transferidor duplo (*station pointer*), encontra-se á venda no mercado uma certa diversidade d'esses instrumentos, differindo os typos essencialmente no modo de graduação e substancia de que são feitos.

Limitando-nos ao estudo dos transferidores duplos, descreveremos o «station pointer» e indicaremos a maneira pratica de improvisar um d'aquelles instrumentos.

232 — Transferidor duplo de metal ou station pointer; condições de construcção. — Tambem conhecido

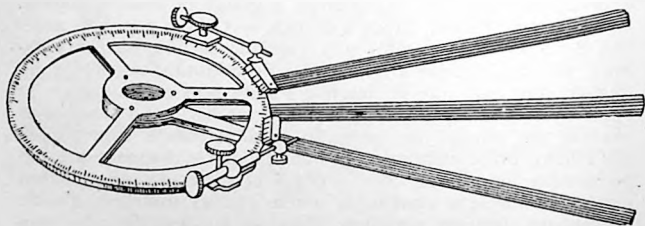



Fig. 97 — Station pointer

pelo nome de *stigmographo* ou *transferidor de tres alidades*, compõe-se esse instrumento, representado na Fig. 97, de um limbo graduado em divisões sexagesimaes, ao centro do qual são articuladas duas alidades podendo-se mover para a direita e esquerda de uma terceira fixa ao limbo.

Todas as alidades se reunem no centro do instrumento, vertice commum dos angulos medidos, onde um pequeno furo permitte a passagem do bico de uma agulha ou lapis bem aparado.

A uma das arestas da alidade fixa corresponde no limbo o zero de duas graduações, graduações que se desenvolvem até aos 180°, para um e outro lado da origem.

Nos transferidores duplos mais perfeitos, cada alidade movel tem, como está indicado na figura, um nonio e systema de parafusos ajustantes.

Quando os lados dos angulos a medir ou traçar sejam de maior grandeza que os comprimentos das alidades, podem a estas adaptar-se reguas proprias que dão os rigorosos prolongamentos d'aquellas.

— São as seguintes as condições a que deve obedecer um bom transferidor de metal:

a) — As faces em gume das alidades devem ser perfeitamente rectilineas, bem como as das reguas que a ellas se adaptam nos casos atraz citados. As reguas devem dar rectas no rigoroso prolongamento das linhas obtidas com as alidades respectivas.

b) O menor angulo indicado pela alidade que não pode chegar ao zero, não deve ser superior a 8°.

c) Quando a outra alidade (geralmente a da esquerda) encostar á regua fixa, deve ter o seu indice em correspondencia com o zero da escala.

d) O nonio da regua que não encosta deve indicar o angulo correspondente ao da sua regua com a central fixa.

e) Os erros de excentricidade e graduação devem ser muito pequenos.

f) As graduacões devem ser feitas em latão e o instrumento de pequenas dimensões.

NOTA. — A falta d'observancia das condições *a*) é o bastante para regeitar o instrumento. As condições *b)*, *c)* e *d)* são de facil verificação, podendo as duas ultimas, quando não observadas, serem satisfeitas procedendo mechanicamente á conveniente rectificação por meio dos planos dos indices ou nonios. Quanto á condição *e*), de difficil verificação, veja-se o que foi dito no n.° 78 *c*) para o caso do sextante. A condição *f)* tem especial importancia em todos os trabalhos em que o transferidor tenha de servir no mar.

233 — Transferidor duplo improvisado. — De um transferidor vulgar de escama podemos, em trabalhos de pouco rigôr, fazer um transferidor duplo, servindo de alidades moveis duas linhas tensas, linhas de que um dos extremos se fixa ao centro do limbo.

Indicamos ainda um meio simples de improvisar um transferidor duplo, que pode prestar bons serviços : — Sobre uma folha de papel transparente desenhe se um limbo convenientemente graduado ; tome-se uma chapa de vidro furada no centro e colle-se, pela parte inferior d'esta, a folha transparente com o limbo desenhado e de forma que coincidam o centro do limbo e o furo da chapa. A alidade fixa representa-se por uma linha recta que passe nas divisões 0° 180°, traçada no papel; improvisam-se as alidades moveis empregando delgadas linhas tensas, linhas de que um dos extremos se fixa ao centro do limbo e o outro a um peso que permitte conserva-las estendidas durante os trabalhos com o transferidor.

Se a chapa de vidro fôr circular, as linhas moveis podem fixar-se aos resbordos da chapa por meio de ganchos, convindo o emprego de pequenas molas em espiral, para ligação da linha ao gancho respectivo.

234 — Emprego dos transferidores duplos. — Se com um transferidor simples podemos obter o valor de um angulo no desenho ou, vice-versa, traçar no papel um angulo de valor dado, o transferidor duplo permitte-nos resolver as mesmas questões, considerados dois angulos com um lado e vertices communs.

E' principalmente para o traçado de angulos de valor dado que o transferidor duplo tem maior applicação, resolvendo graphicamente um grande numero de problemas na maioria semelhantes ao que vamos apresentar.

Imaginemos que do ponto A_1, não determinado, haviamos observado os angulos *e* e *d* respectivamente entre as direcções $\left\{ \begin{matrix} A_1E_1 \\ A_1C_1 \end{matrix} \right.$ e $\left\{ \begin{matrix} A_1C_1 \\ A_1D_1 \end{matrix} \right.$ para tres pontos E_1, C_1 e D_1 no terreno.

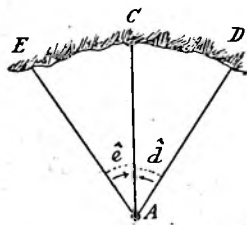



Fig. 98

Se esses pontos estiverem representados no desenho respectivamente pelos pontos E, C, e D e quizermos no mesmo desenho marcar o ponto A correspondente ao ponto A_1 de observação, procederemos da forma seguinte:

Tomando o transferidor duplo levaremos a alidade da esquerda a marcar um angulo egual a *e*, fixando-a depois n'essa posição; faremos o mesmo com a alidade da direita, destinando-lhe o angulo *d*; espetaremos em C uma agulha com cabeça de lacre e a ella encostaremos a conveniente aresta da alidade fixa; moveremos depois, para um

e outro lado, o transferidor, até conseguir o ajustamento das alidades moveis com os pontos *E* e *D*, conservando-se a aresta da alidade fixa sempre encostada á agulha; restará, então, marcar sobre o papel, com uma agulha ou lapis bem aparado, a posição do centro do transferidor.

Essa posição *A* será a correspondente ao ponto A_1 de observação.

NOTAS. — Quando se queira operar mais expeditamente e se não receie qualquer deslocamento nas alidades moveis, poderemos, em vez de espetar uma agulha em *C*, fixar duas agulhas, uma em cada um dos pontos *E* e *D*, encostando a ellas as arestas das alidades moveis e procurando o ajustamento da alidade fixa com *C*.

— A escolha das letras *E*, *C*, *D*, *e* e *d* não foi arbitraria; essas letras são as iniciaes das designações: *esquerda*, *central* e *direita*, designações que convem conservar em todas as questões da mesma natureza, para facilidade de registo, evitando confusões faceis de dar.

Capitulo II. — Instrumentos empregados nas copias do desenho

§ 1 — PROCESSOS DE OBTER COPIAS NA MESMA GRANDEZA

235 — Quadricula; calco e decalco; picotagem. — O conhecido e elementar processo das *quadriculas* é muito util e podemos com elle obter bastante rigôr na copia dos desenhos. Traçados, tanto no desenho como no papel destinado á copia, dois systemas de rectas parallelas formando uma rede de quadrados eguaes, e numeradas as extremidades das linhas que formam as quadriculas, afim de facilitar a passagem de cada quadrado do desenho para o seu homologo na copia, restará fazer o transporte dos pontos principaes dentro de cada quadrado, empregando para isso qualquer compasso.

— No *calco* e *decalco* emprega-se a sobreposição dos papeis de desenho e copia. Se este ultimo é transparente [1], começa-se por cobrir o desenho (que deve ter sido passado a tinta bem

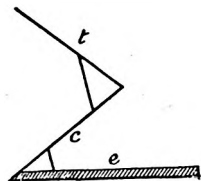



Fig. 99 — Copiador

e — espelho que reflecte a luz sobre o caixilho *c*.

c — caixilho formado por um vidro despolido onde assenta o desenho.

t — caixa de madeira, servindo de apoio a um panno preto o qual, cahindo para os lados e para a frente, faz com que o vidro só receba luz pela parte de baixo.

preta) com o papel destinado á copia, fixando-o ao original pelos quatro cantos e pelos meios dos lados com prégos (*punaises*). Em seguida assenta-se sobre um estirador e procede-se á copia, seguindo com um lapis o contorno do desenho.

---

[1] Papel tela ou vegetal.

Afim de evitar a fadiga da vista, pode-se proceder ao *calco* assentando os papeis sobre um vidro de janella ou *copiador* proprio, como o indicado na Fig. 99 (schematica).

Se o corpo do papel de copia fôr tal que não deixe ver o desenho por transparencia, começa-se por cobrir este com papel transparente, procedendo-se ao calco, como foi dito; decalca-se depois, sobre o papel destinado a receber a copia, o desenho obtido por transparencia, interpondo para isso aos dois papeis uma folha de *papel chimico* ou *polygrapho*.

O decalco executa-se, seguindo os contornos desenhados no papel transparente, com ponta muito fina que deixe apenas a impressão sem originar sulcos na copia.

— A *picotagem* emprega-se com vantagem quando se quer obter mais de uma copia de cada vez.

Consiste o processo, como se sabe, em assentar o desenho sobre uma ou mais folhas de papel, segundo o numero de copias precisas, picando com uma agulha muito fina os extremos das rectas e um grande numero de pontos das curvas, para que fiquem bem determinadas as suas inflexões

Querendo fazer desapparecer, depois de executado o traço nas copias, os furos que a agulha ahi deixou, passa-se, pelo avesso do desenho e nos sitios picados, um pincel com colla, e em seguida com a ponta de um canivete fazem-se abaixar as rebarbas do papel, esfregando este com a unha, antes que a colla seque e até que os furos desappareçam.

236 — Copias a papel Marion. — As copias feitas em papel tela e tinta preta prestam-se muito bem a ser reproduzidas em papeis sensiveis á luz, como o conhecido pelo nome de *Marion*, obtido no mercado por preço modico e podendo conservar-se por muito tempo, em logar secco, convenientemente abrigado da luz.

A impressão é feita em caixilhos proprios. O tempo de exposição varia com a sensibilidade do papel, transparencia da matriz e intensidade da luz, sendo conveniente que haja sempre excesso e não falta de exposição, por isso que o enfraquecimento da prova obtem-se facilmente, ao passo que o reforço offerece grandes difficuldades. Pode considerar-se ultimada a exposição quando o papel apresenta uma côr cinzenta clara.

Para revelar e fixar a prova, tira-se esta do caixilho e mergulha-se em agua fria, a qual dissolve toda a substancia atacada pela luz, obtendo-se então uma copia a traços brancos sobre fundo azul.

§ 2 — AMPLIAÇÃO E REDUCÇÃO DE CARTAS

237 — Generalidades. — Para ampliar ou reduzir uma carta traçaremos, em primeiro logar, quadriculas sobre o original e papel da copia, estabelecendo, para relação entre os lados dos quadrados de uma e outra, a mesma que existe entre as escalas da copia e do original. Segue-se depois a transferencia das linhas do desenho dentro de cada quadrado, podendo adoptar-se n'essa operação qualquer dos instrumentos que adeante apontamos.

238 — Compassos de reducção.

a) *Compasso de reducção ordinario.* Instrumento muito conhecido e que por isso não descrevemos aqui.

b) *Compasso pyramidal de reducção.* Representado na Fig. 100, serve este instrumento especialmente para a reducção ou ampliação de triangulos. Compõe-se essencialmente de um

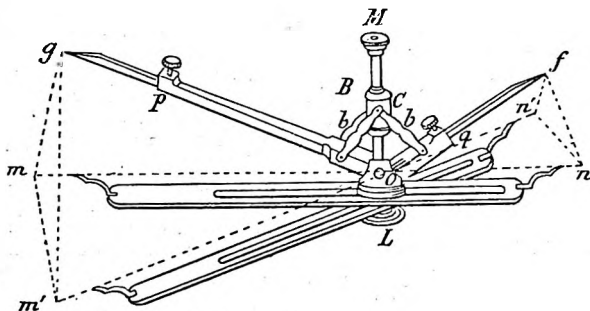



Fig. 100 — Compasso pyramidal de reducção

m, m', n, n' — pontas do compasso de reducção ordinario.

L — botão para ajustamento e fixação das duas pernas que formam o compasso de reducção ordinario.

O — eixo commum ás duas pernas p e q da peça B.

C — cursôr correndo na haste M e permittindo, por intermedio das articulações $b, b\ldots$, variar a inclinação das peças p e q sobre o plano $mm'nn'$.

compasso de reducção ordinario ligeiramente modificado e ao qual se adapta uma peça B girando em torno de um eixo perpendicular ao plano das quatro pontas d'aquelle compasso.

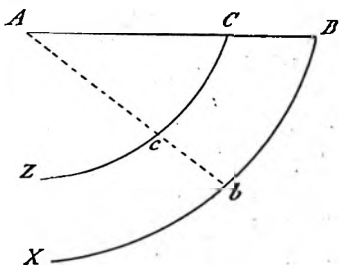
Em qualquer das posições do cursôr, é sempre $gOm = fOn$.

Preparado convenientemente para uma relação dada, o compasso de reducção ordinario e collocados os estylêtes *pg* e *qf* de maneira que, fechado o insrumento, as tres pontas, tanto de um como do outro lado, se sobreponham, um triangulo tal como *gmm'* será reduzido ao triangulo *fn'n* na relação considerada.

NOTA. — Pretendendo-se reduzir um polygono qualquer, decompõe-se em triangulos e procede-se, para cada um d'elles, pela maneira exposta.

239 — Processo geometrico simples para reducção ou ampliação das cartas. — Na falta de compasso de reducção, pode empregar-se o seguinte processo, para obter a reducção ou ampliação de quaesquer comprimentos tomados do desenho:

Fig. 101

Marquem-se sobre *AB*, Fig. 101, a partir de *A*, as duas grandezas *AB* e *AC* que estejam entre si na relação das escalas, e do mesmo ponto *A* descrevam-se dois arcos indefinidos *BX* e *CZ*. Tomando sobre *BX* a corda *Bb* egual a uma linha do desenho, o raio *Ab* determina sobre *CZ* a corda *Cc* homologa de *Bb* e reciprocamente.

240 — Pantographos; explicação theorica das varias especies conhecidas. — Servem os *panographos* especialmente para obter copias reduzidas de um dado desenho; podem, comtudo, dar ampliações e fornecer copias na mesma grandeza. Fundam-se taes instrumentos no principio seguinte: tomando tres pontos *E*, *F*, *L* (Fig. 103 a 106) em lnha recta sobre os lados de um losango ou seus prolongamentos, e fixando um d'aquelles pontos, *F* por exemplo, em torno do qual se faz girar todo o systema, as figuras descriptas pelos outros dois, *E* e *L*, são semelhantes, sendo a relação dos lados homologos a mesma que a das distancias *FE* e *FL*. Se o ponto *F* se acha situado no prologamento da linha que une os outros dois pontos, as figuras semelhantes são descriptas em identico sentido e o pantographo diz-se *directo;* quando, porém, *F* se encontra entre *E* e *L*, aquellas figuras são descriptas em sentidos oppostos e o instrumento toma o nome de *inverso*.

Na sua maxima simplicidade, um pantographo é constituido por quatro reguas articuladas, Fig. 102, constituindo um losango $ABCD$. Um dos extremos E de uma das reguas maiores, DE, é considerado invariavel; temos assim no pantographo duas grandezas constantes: o valor do lado do losango que representaremos por a e a distancia DE a que chamaremos b.

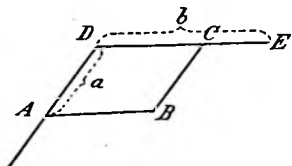



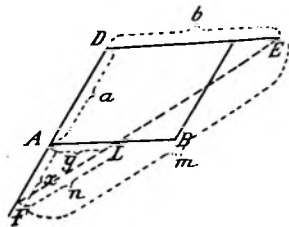
Fig. 102

Posto isto, estudemos theoricamente as varias especies de pantographos, para que estejamos habilitados a conhecer o funccionamento de qualquer typo d'esses instrumentos com que tenhamos de trabalhar.

1.º *Pantographos directos.*

a) O ponto fixo F situado sobre um dos braços maiores; os pontos E e L (representando respectivamente o estylete que deve seguir as linhas do desenho e o lapis que deve dar a copia) collocados como indica a Fig. 103.

Fig. 103

Chamaremos m e n respectivamente ás escalas do desenho e da copia. Supposto o ponto E, Fig. 103, invariavel na regua ED, como dissemos, as posições dos pontos L e F ficarão determinadas pelo conhecimento dos valores de x e y dados pelas seguintes expressões:

$$x = a \frac{n}{m-n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$y = b \frac{n}{m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

facilmente deduzidas da Fig. 103.

Fazendo nas expressões (1) e (2) $n = \frac{1}{2} m$; $n = \frac{1}{3} m$.

obteremos respectivamente: $\begin{cases} x = a \quad ; \quad x = \frac{1}{2} a \ldots \\ y = \frac{1}{2} b \; ; \quad y = \frac{1}{3} b \ldots \end{cases}$

portanto, para obter a reducção de um desenho a metade, a um terço etc., teremos de collocar o ponto fixo F e o lapis L respectivamente ás distancias x e y da articulação A, distancias dadas pelo quadro acima para cada reducção considerada.

b) O ponto fixo F situado sobre um dos braços maiores; o ponto L collocado na articulação B dos dois braços menores.

E' um caso particular de *a*), ficando a posição de F determinada pelo valor de x obtido pela expressão (1).

— Se ainda no pantographo se dér a condição $b = 2a$, teremos, em virtude da expressão (2):

$$a = 2a \frac{n}{m} \text{ (1)}$$

ou

$$\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$$

isto é, um tal pantographo, tratando-se de reducções, só poderá reproduzir um desenho na relação $\frac{1}{2}$.

c) O ponto fixo F situado na articulação D, Fig. 102, e os outros dois collocados como indica a Fig. 104.

Da mesma figura tira-se:

$$x = a \frac{m-n}{n} \text{ .... (3)}$$

$$y = a \frac{n}{m} \text{ .... (4)}$$

Fazendo nas expressões (3) e (4) $n = \frac{1}{2} m$; $n = \frac{1}{3} m$...

obteremos respectivamente: $\begin{cases} x = a \quad ; \quad x = 2a \quad ... \\ y = \frac{1}{2} a \quad ; \quad y = \frac{1}{3} a \quad ... \end{cases}$

2.º *Pantographo inverso.*

d) O ponto F situado sobre um dos braços menores; os pontos L e E collocados como indica a Fig. 105.

Da mesma figura tira-se:

$$x = b \frac{n}{n+m} \text{ .... (5)}$$

$$y = a \frac{n}{m} \text{ .... (6)}$$

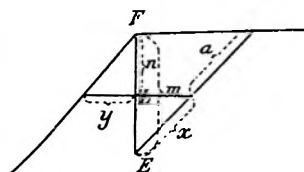



Fig. 105

(1) Nas condições do caso *b*), y passa a ter o valor constante a.

Fazendo nas expressões (5) e (6) $n = \frac{1}{2} m; \; n = \frac{1}{3} m \dots$

obteremos respectivamente : $\begin{cases} x = \frac{1}{3} b; \; x = \frac{1}{4} b \dots \\ y = \frac{1}{2} a; \; y = \frac{1}{3} a \dots \end{cases}$

e) O ponto *F* situado na articulação *B* dos braços menores; os pontos *E* e *L* como no caso anterior *d)*.

A mesmaexpressão *(6)* dá o necessario valor de y, correspondendo a x o valor constante a.

— Se ainda no pantographo se dér a condição de ser $b = 2a$, teremos em virtude da expressão *(5)*:

$$a = 2a \frac{n}{n + m}$$

$$n = m$$

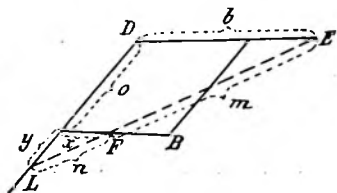



Fig. 105

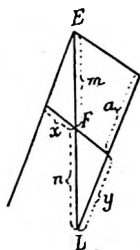
isto é, um tal pantographo só poderá dar copias na mesma grandeza.

Fig. 106

f) O ponto *E* situado na articulação *D*, Fig. 102 e os outros dois collocados como indica a Fig. 106.

Da mesma figura tira-se:

$$x = a \frac{m}{m + n} \dots\dots\dots\dots (7)$$

$$y = a \frac{n}{m} \dots\dots\dots\dots (8)$$

Fazendo nas expressões (7) e (8) $n = \frac{1}{2} m; \; n = \frac{1}{3} m \dots$

obteremos respectivamente: $\begin{cases} x = \frac{2}{3} a; \; x = \frac{3}{4} a \dots \\ y = \frac{1}{2} a; \; y = \frac{1}{3} a \dots \end{cases}$

NOTAS. — Se com qualquer dos typos apontados quizermos obter ampliações, poderemos aproveitar as mesmas formulas (1) a (8) para calculo de x e y; restará depois permutar os logares do lapis e estylete.

— Teem habitualmente os pantographos, nos devidos braços, as respectivas graduações com numeração que nos habilita a collocar os pontos *F*, *E* e *L* nas posições convenientes, dada a relação das escalas.

241 — Pantographo de Gavard. — Mencionaremos este pantographo por ser o mais conhecido de todos. Representado na Fig. 107, vemo-lo ahi desempenhando as funcções de um pantographo inverso do typo *d)*, sendo $\frac{EF}{FL}$ a relação de semelhança do original e copia.

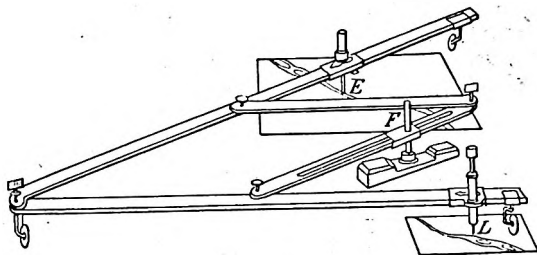



Fig. 107

O eixo de rotação pode tambem occupar um dos pontos extremos *E* ou *L*, transformando-se o pontographo em directo, typo *a)*.

242 — Micrographo ou prosographo. — Se a figura *ABCD* (Fig. 102) fôr um parallelogrammo em vez de um losango, conservando-se os tres pontos *F*, *E* e *L* em linha recta, o pantographo toma o nome de *micrographo* ou *prosographo*.

Poderiamos para estes instrumentos fazer considerações analogas ás expostas no n.º 240, deduzindo theoricamente as expressões applicaveis segundo o typo considerado; limitar-nos-hemos, porém, ao estudo de determinados micrographos onde se realisa a condição de egualdade dos braços *DE* e *DH* (Fig. 102).

a) Micrographo directo. Chamando l, Fig. 108, ao comprimento $DE = DF$, teremos:

$$x = y = l \frac{n}{m} \ldots\ldots (9)$$

Fazendo na expressão (9): $n = \frac{1}{2} m$; $n = \frac{1}{3} m$, etc.

obteremos respectivamente $x = y = \frac{1}{2} l$; $x = y = \frac{1}{3} l$ etc.

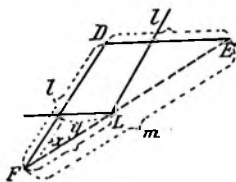
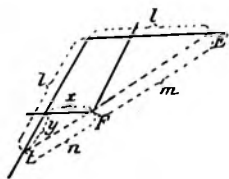



Fig. 108 Fig. 109

b) Micrographo inverso — Da Fig. 109, tira-se:

$$x = y = l \frac{n + m}{n} \ldots\ldots (10)$$

Fazendo na expressão (10): $n = m$; $n = \frac{1}{2} m \ldots$

obteremos respectivamente $x = y = \frac{1}{2} l$; $x = y = \frac{1}{3} l \ldots$

NOTA — São applicaveis aos micrographos notas analogas ás do n.º 240.

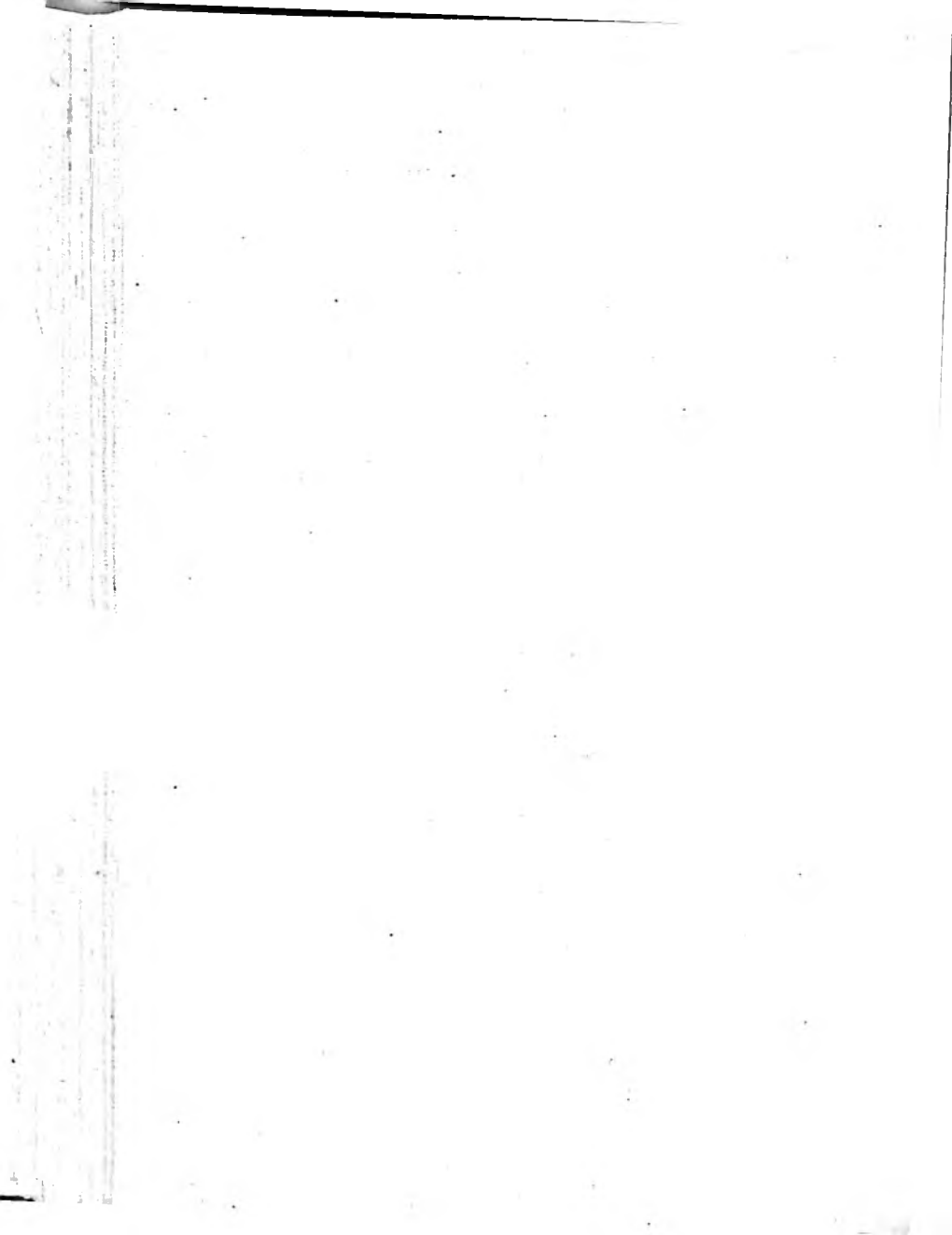
243 — Emprego da camara photographica portatil na reducção das cartas. — As camaras photographicas de objectiva aplanatica podem prestar serviços na reducção de uma dada carta. Para isso é necessario: *a)* que o papel de desenho seja branco e sufficientemente liso; *b)* que os traços do original sejam executados a tinta preta bem carregada; *c)* que a illuminação do desenho durante a exposição seja, quanto possivel, normal ao papel; *d)* que se procure a distancia con-

veniente que deve separar a camara do desenho, para que a reducção se realise na relação considerada para as escalas; *e)* que o vidro despolido fique bem parallelo ao plano do desenho, convindo a posição vertical para este plano.

A condição *d*) pode ser realisada por tentativas, ou, o que parece mais simples, resolvendo a expressão:

$$D = (n + 1) f$$

na qual f representa a distancia focal da objectiva, n a relação das escalas e D a distancia a que o desenho a reduzir deve ficar do centro optico d'aquella lente.

Afim de tornar o vidro despolido parallelo ao desenho, estando a camara horisontal — condição *d)* — é conveniente recorrer ás linhas do vidro e torna las parallelas aos traços da esquadria do desenho, collocando as de forma a ficarem umas verticaes e outras horisontaes.

PARTE NONA

MATERIAL DE CAMPANHA E DESEMBARQUE

Capitulo I — Escolha e conservação dos instrumentos

§ 1 — ESCOLHA DOS INSTRUMENTOS

244 — Preceitos especiaes para a escolha de um dado instrumento. — No estudo que separadamente fizemos de cada um dos instrumentos usados na topographia e hydrographia propriamente dita, apresentámos, para os principaes, os necessarios requisitos que devem ser attendidos quando tenhamos de proceder á verificação prévia das necessarias condições de fabrico, de modo a podermos ajuizar das indicações de um dado instrumento na pratica das observações, mencionando até, por vezes, os defeitos de construcção que podem levar-nos, em dados casos, a regeitar o artigo sujeito á nossa escolha. Nos casos especiaes, pois, compulsaremos o assumpto, habilitando nos por esta forma a resolver a questão.

245 — Preceitos geraes para a escolha dos instrumentos. — Nos casos omissos, attenda-se sempre a que o exame para escolha versa, em geral, sobre os seguintes assumptos: verificar se o instrumento dá a aproximação necessaria; se os movimentos se fazem suave e regularmente; se os systemas de parafusos estão em bom estado; se ha a estabilidade necessaria; se as lunetas são bôas; etc. Nos instrumentos já usados deve-se verificar o estado das folgas dos eixos.

N'um instrumento bem estudado pelo constructor deve haver a completa harmonia dos differentes accessorios, dando todos o mesmo grau de aproximação e em geral pode dizer-se que quanto mais simples fôr um dado instrumento maior confiança elle nos merece na pratica. Ainda, como indicação importante, poderemos citar a preferencia dada aos instrumentos que substituem o metal polido pelo oxydado; o brilho das superficies é sempre inconveniente ás observações.

§ 2 — CONSERVAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

246 — Cuidados geraes. — Com o material, ainda por menos importante que pareça, por ser de menor preco ou destinado a serviços mais grosseiros, deve haver todo o cuidado tanto no seu acondicionamento e transporte como no acto de servir; assim se evitam avarias e extravios que podem prejudicar o bom exito das operações. Esses cuidados são, bem entendido, tanto mais necessarios quanto mais delicado é o instrumento e mais elevada a sua missão.

Como regras geraes a attender no acondicionamento e transporte dos instrumentos delicados, podem citar-se: guarda-los nas caixas ou saccos proprios, evitando o forçamento de qualquer das peças que os constituem e preservando-os da humidade; retirando-os d'alli com o maximo cuidado quando tenham de servir; montando-os com a necessaria fixidez e estabilidade de apoio; manuseando-os com a indispensavel delicadeza; abrigando-os do sol durante as observações; resguardando-os das poeiras durante os transportes que tenham a fazer-se com o instrumento montado; etc.

247 — Limpeza dos instrumentos. — Os principaes inimigos dos instrumentos são: as poeiras, a humidade, o ar, os lubrificantes das peças moveis e a transpiração das mãos do proprio observador. Esses agentes produzem nos instrumentos sujidades que podemos classificar em tres especies: *poeiras*, *oxydos* e *gorduras*.

As poeiras, quando depositadas em vidros, tiram-se com camurça fina; nas demais peças a limpeza das poeiras effectua-se com o auxilio de pinceis ou pannos de linho usados e macios.

A limpeza dos *oxydos*, quando depositados em peças menos importantes de um instrumento, pode ser feita empregando lixas finas ou pó apropriado e algum oleo; se porém os oxydos são formados sobre as escalas graduadas ou munhões de eixos, deve haver todo o cuidado em não riscar essas peças, usando então de reagentes ou dissolventes para proceder á respectiva limpeza: pode esfregar-se a peça atacada, com camurça muito fina embebida em benzina rectificada no alcool ou recorrer á ammonia liquida, só ou com cré, concluindo-se a limpeza com uma boa lavagem a agua potavel.

Na limpeza das *gorduras* poderemos empregar a benzina, o ammoniaco, a vaselina ou o alcool.

A lubrificação necessaria a certas peças de um instrumento deve ser feita usando o oleo fino empregado pelos relojoeiros, convindo sempre não permittir a accumulação dos lubrifican-

tes, o que se consegue limpando com panno as peças depois de lubrificadas.

As lentes devem ser lavadas com alcool ou esfregadas com papel de seda ou camurça. Os saes depositados pela agua do mar nas lentes lavam-se com agua potavel.

E' bôa pratica não guardar os instrumentos, depois do serviço diario, sem primeiro proceder a uma ligeira limpeza da poeira, humidade ou depositos salinos.

Capitulo II. — Desembarques e acampamentos

§ 1 — DESEMBARQUE DO MATERIAL

248 — Material a conduzir para terra. — Só depois de delineado e detalhado o serviço a executar, quer se trate de operações exclusivamente relativas á topographia ou hydrographia, ou ainda de trabalhos cumulativamente topographicos e hydrographicos, poderemos cuidar do respectivo material a desembarcar, dispondo tudo methodicamente de modo a nada esquecer e quanto possivel a tudo prevêr.

249 — Embarcações para conducção do material. — Quando o local de desembarque seja de facil accesso, não havendo caes acostavel, qualquer embarcação de remos ou de vela servirá para conducção do material necessario, podendo ser utilisadas pranchas de madeira na faina de transportar de bordo da embarcação para terra os instrumentos e apparelhos conduzidos; se, porém, o littoral fôr desabrigado e n'elle houver rebentação, recommendam-se as balieiras sem quilha e muito resistentes, como são as conhecidas balieiras de praia, adoptando-se, em casos de maior perigo, as precauções que a pratica aconselha em taes circumstancias.

§ 2 — ACAMPAMENTOS

250 — Escolha do local e installação de um acampamento. — Como regra geral deve escolher-se para acampamento um sitio bem arejado, a barlavento de logares pantanosos, attendendo ainda a que nas proximidades se possa obter agua potavel e lenha.

Um acampamento pode servir para estacionamento de todo o pessoal e material de uma missão ou ser especialmente destinado ao pessoal encarregado das observações de uma escala de marés.

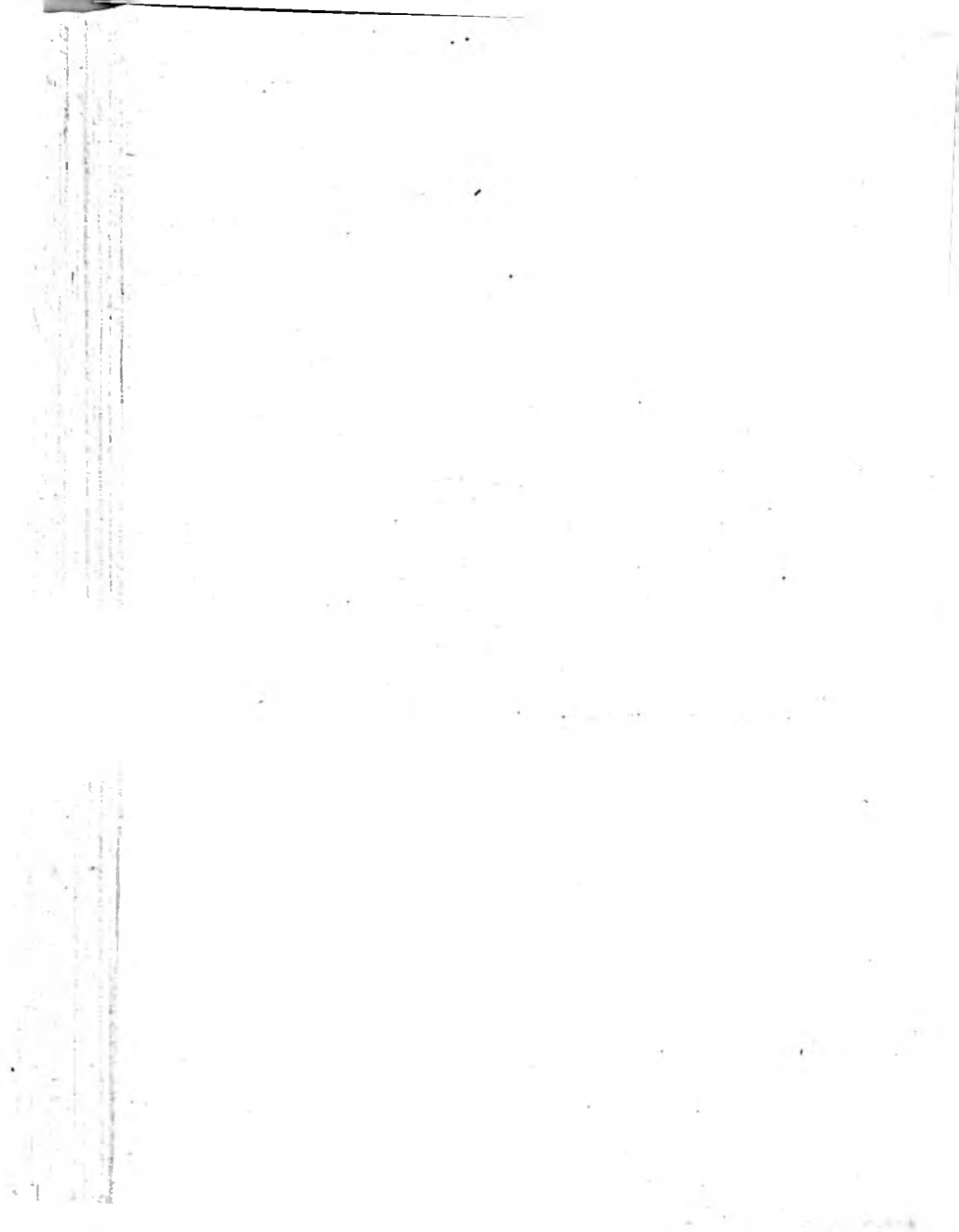
Em qualquer dos casos é indispensavel arranjar abrigos para esse pessoal e material, sendo os de mais facil estabelecimento as *barracas de campanha* descriptas no n.º seguinte.

251 — Barracas de campanha. — Empregando toldos e sanefas de bordo, facil é improvisar uma barraca, servindo de vigamento remos e antennas; mas quando as expedições sejam demoradas e mais longiquas e sobretudo nas regiões tropicaes, onde no espaço de poucas horas se podem experimentar os maiores ardores do sol e as maiores chuvas, ha toda a vantagem em empregar material apropriado.

O vigamento de uma boa barraca de campanha é em geral constituido por duas hastes verticaes terminando superiormente em espigas de ferro, espigas onde enfiam os extremos de duas travessas horisontaes parallelas, separadas por calços tambem enfiados n'aquellas espigas.

Sobre as travessas, inferior e superior, se apoiam respectivamente o *tecto* e *toldo* da barraca. O toldo tem maior superficie que o tecto e pode ser de fazenda delgada; o tecto deve ser de fazenda impermeavel. Dos angulos e lados do toldo e tecto partem cordas que se fixam a estacas enterradas no solo e a ligação das coberturas ás travessas é feita por meio de amarrilhos cosidos ao tecto e toldo junto á linha mediana das mesmas coberturas.

Se a barraca, além de alojar o pessoal, fôr destinada ainda a abrigar os observadores e instrumentos em occasião de observações, deve, em todas as faces, ter janellas que se possam abrir quando se pretenda observar.

No modelo existente na Escola Naval, as coberturas da barraca teem a forma conica, apoiando-se sobre uma haste central unica, haste que assenta sobre estaca ferrada; os lados d'essa barraca são de tirar e pôr e o tecto é feito de brim oleado.

FIM DO LIVRO PRIMEIRO

PARTE PRIMEIRA

NOÇÕES DE CARTOGRAPHIA

Capitulo I — Elementos geodesicos

§ 1 — LINHAS E MEDIDAS TERRESTRES

252 — Dimensões principaes do ellipsoide terrestre; valor do metro. — Como se sabe, a figura geral da terra, abstrahindo das ondulações motivadas na sua superficie pelas montanhas e valles, é um ellipsoide cujas dimensões mais recentemente obtidas ([1]) são as seguintes (Fig. 110):

Semi-eixo maior (raio do equador). $a = 6378393^m \pm 79^m$
» » menor (raio do polo).... $b = 6356549^m \pm 109^m$

Excentricidade......... $e = \dfrac{f}{a} = \sqrt{\dfrac{a^2 - b^2}{a}} = 0.082701$

Achamento dos polos... $\mu = \dfrac{a - b}{a} = \dfrac{1}{292 \pm 1.5}$

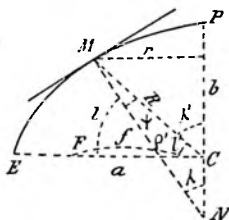



Fig. 110

O metro legal, primitivamente julgado a decima millionesima parte do quarto do meridiano terrestre, tem, pelas recentes investigações, uma grandeza tal que esse quadrante é de $10001965^m \pm 84^m$, isto é, o metro tem uma grandeza mais pequena do que a que se diz pela vulgar definição, de cerca de $0^{mm}.19$.

Esta differença, porém, é de tal modo pequena que se pode desprezar sem inconveniente.

253 — Curvatura da Terra em qualquer ponto. — Considerada a forma ellipsoidal, a curvatura da Terra, n'um

([1]) Segundo M. Faye.

ponto de latitude l, é definida pelos valores dos raios de curvatura ρ e ρ' de duas secções principaes: respectivamente a do meridiano e a normal á este ultimo plano. Chamando a ao semi eixo maior, Fig. 110, e e á excentricidade, aquelles valores são dados pelas expressões:

$$\rho' = MN = \frac{a}{(1 - e^2 \text{sen}^2 l)^{\frac{1}{2}}} \qquad (11)$$

$$\rho = \rho' \frac{1 - e^2}{1 - e^2 \text{sen}^2 l} \qquad (12)$$

— Os raios geocentricos (como MC da Fig. 110) teem por valor:

$$R = a\,(1 - a\,\mu \cos^2 \lambda')$$

sendo μ o achatamento e λ' a colatitude geocentrica (n.º 257). R tem o valor medio de 6367450^m.

— O raio r, Fig. 110, do parallelo na latitude l, tem por valor:

$$r = \rho' \cos l$$

NOTA. — A taboa III do Appendice dá os valores de log. ρ e log. ρ' para as differentes latitudes de 0° a 90°, considerando(²) $\mu = \frac{1}{294}$ e $a = 6378284^m$.

254 — Grandeza de 1′ de meridiano e dos parallelos nas differentes latitudes.

a) *Minuto de meridiano; milha nautica.* Considerado um ponto de latitude l, poderemos obter pela taboa III ou resolvendo a formula (12) o respectivo valor de ρ. A grandeza do minuto de meridiano n'essa latitude será então dada pela expressão:

$$1' \text{ de meridiano} = \frac{\pi\,\rho}{10800}$$

(²) Valores adoptados por Germain e com os quaes construe as respectivas tabellas do seu Tratado de hydrographia.

Dando a ρ os seus valores maximo, medio e minimo, obtemos respectivamente:

valor maximo de 1′ de merediano (nos polos)....		$1861^m.69$
» medio » » » »	....	$1852^m.23$
» minimo » » » »	(no equador) ..	$1842^m.78$

Ao valor medio $1852^m.23$ é o que se chama *milha nautica* e corresponde aproximadamente, como se pode ver pela taboa IV do Appendice, á grandeza de 1′ de meridiano na latitude de 45°.

b) *Minuto de parallelo.* Obtido pela taboa III ou pela formula (11) o valor de ρ' correspondente á latitude do parallelo, será:

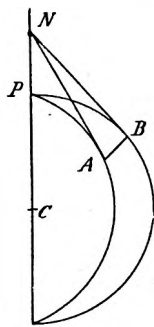
$$1' \text{ de parallelo} = \frac{\pi r}{10800} = \frac{\pi}{10800} \rho' \cos l$$

No equador tem evidentemente o minuto a sua grandeza maxima representada por $1855^m.37$, como se pode ver pela taboa IV.

255—Convergencia de meridianos.—Considerados, Fig. 111, dois pontos A e B sobre a superficie da Terra e a distancia não superior a 1° para que possamos suppôr espherica essa superficie, serão PA e PB os meridianos de referencia, origem de contagem dos azimuths da linha AB respectivamente nos pontos A e B. Consideremos os chamados *azimuths geodesicos*, contados de 0° a 360° a partir do sul por oeste, norte e leste e designemos respectivamente por Z_{AB} e Z_{BA} os azimuths do ponto B visto de A e o de A visto de B. Como as linhas NA e NB, tangentes aos meridianos nos pontos considerados, representem sobre o plano horisontal as direcções N-S verdadeiras em cada uma das estações A e B e essas linhas sejam convergentes em N, segue-se que Z_{AB} e Z_{BA} não differem geralmente de 180°. Chamando $\left\{ \begin{matrix} l_0 \\ L_0 \end{matrix} \right.$ e $\left\{ \begin{matrix} l_1 \\ L_1 \end{matrix} \right.$ ás coordenadas respectivamente dos pontos A e B, é a seguinte a expressão que liga os valores de Z_{AB} e Z_{BA}:

Fig. 111

$$Z_{AB} = Z_{BA} \pm 180° + \Delta z \qquad (13)$$

sendo Δz o valor algebrico da correcção devida á *convergen-*

cia de meredianos. O signal $\left\{ \begin{smallmatrix} + \\ \text{ou} \\ - \end{smallmatrix} \right.$ affectando o termo 180° deverá ser empregado segundo *A* estiver a $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{W} \\ \text{ou} \\ \text{E} \end{smallmatrix} \right.$ de *B*.

— O valor da correcção Δz pode ser dado aproximadamente por qualquer das expressões:

$$\Delta z = (L_0 - L_1) \operatorname{sen} \frac{l_0 + l_1}{2}$$

ou

$$\Delta z = \text{apartamento} \times \operatorname{tg} \frac{l_0 + l_1}{2} \qquad (14)$$

Para dar o conveniente signal a Δz, deveremos considerar $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{positivas} \\ \text{ou} \\ \text{negativas} \end{smallmatrix} \right.$ as longitudes segundo são $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{E} \\ \text{ou} \\ \text{W} \end{smallmatrix} \right.$ e quanto ás latitudes seguir a norma geral: positivas se são norte e negativas no caso contrario.

NOTA. — Nas circumstancias apontadas de distancia pequena (um grau) entre os dois pontos *A* e *B*, Δz attinge um valor de 26′ na latitude de 25.° No equador é desprezavel essa correcção que se torna nulla pelas expressões acima.

256 — Linha geodesica e triangulo geodesico. Triangulação. — Supposta a superficie terrestre sem rugosidades e n'ella tomados convenientemente tres pontos, se imaginarmos esses pontos ligados dois a dois por linhas materiaes bem distendidas, representando cada uma d'ellas sobre a superficie terrestre o caminho mais curto entre os pontos que unem, teremos figurado um *triangulo geodesico*, assim formado por *linhas geodesicas*.

Não é, porém, sobre taes triangulos, theoricamente considerados, que recahem as medições a executar nos trabalhos hydrographicos em geral. Começa-se por suppôr as linhas geodesicas substituidas pelos arcos de circulo maximo passando pelos mesmos pontos extremos e com um raio de curvatura medio, e attendendo por fim a que os goniometros medem realmente os rectilineos dos angulos diedros dos triangulos esphericos suppostos traçados sobre a superficie da Terra, considera-se a substituição d'esses triangulos por triangulos rectilineos, recorrendo a principios expostos em occasião opportuna.

Ao conjuncto de triangulos apoiados uns sobre os outros se chama *uma triangulação*.

§ 2 — COORDENADAS TERRESTRES

257 — Latitude. Longitude. Altitude. — Qualquer ponto da superficie da Terra fica perfeitamente determinado, quando se conheçam as suas coordenadas terrestres: *latitude, longitude* e *altitude*, coordenadas das quaes estudaremos separadamente a primeira e ultima, dando algum desenvolvimento aos conhecimentos já obtidos no curso de navegação.

a) *Latitude.* Ha a considerar para um mesmo ponto M, Fig. 110, duas especies de latitudes: a *geographica* (l da Fig. 110) dada pelo angulo da normal principal com o plano do equador; a *geocentrica* (l' da figura citada) formada no centro da Terra.

A primeira é a que se obtem pelas observações astronomicas; e para ter a segunda recorreremos á egualdade:

$$l' = l - \psi$$

sendo ψ dado pela expressão:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\rho'^2}{a^2} e^2 \cos l \operatorname{sen} l$$

O angulo ψ é maximo na latitude dos 45°, onde attinge o valor de 11'47".8.

b) *Altitudes.* Consideradas parallelas as superficies de nivel [1], chamamos *altitude orthometrica* [2] de um dado ponto á distancia vertical d'esse ponto a uma superficie de nivel tomada como referencia.

Varia a escolha d'esta superficie segundo a natureza dos pontos que se consideram; assim: tratando-se de um pharol, é costume referir as altitudes ao plano dos maximos preamares; tratando-se de sondas (altitude negativa) é variavel, ainda dentro d'este grupo, o plano de referencia escolhido, buscando-se umas vezes a superficie dos baixamares ordinarios das

---

[1] Rigorosamente, no globo terrestre as superficies de nivel não são parallelas entre si, o que resulta das differenças da acção da gravidade e força centrifuga; mas para as operações hydrographicas, em geral, não ha absolutamente inconveniente algum em admittir o perfeito parallelismo d'aquellas superficies.

[2] Nos trabalhos rigorosos de nivelamento e ainda nos estudos especulativos se considera uma outra altitude: a *dynamica* — que substitue a distancia vertical entre duas superficies de nivel infinitamente proximas, pelo trabalho correspondente da gravidade quando se passa de uma das superficies para a outra.

syzigias, outras o dos maximos baixamares (n.º 200) etc. etc.; por ultimo é habitual escolher a superficie do nivel medio das aguas para referencia das altitudes dos pontos terrestres tomados nos trabalhos topographicos.

NOTA. — Afim de evitar confusões, reservaremos a palavra *altitude* para designar a distancia vertical de um ponto á superficie do nivel medio das aguas; o termo *sonda* continuará a ser applicado ás profundidades do mar, e a palavra *cóta* terá para nós uma significação generica, indicando a distancia vertical a qualquer plano que se considere.

258 — Planimetria e configurado do terreno. — A circumstancia de ser indispensavel o conhecimento da altitude para completa determinação de um ponto sobre a superficie da Terra, leva-nos em geral a considerar em certas cartas duas partes distintas: a *planimetria* e o *configurado do terreno*, sendo a primeira o conjuncto das projecções orthogonaes de todos os pontos do solo sobre uma superficie de nivel e attendendo a segunda ao valor das cótas de pontos representados na primeira.

A planimetria pode fazer-se independentemente do configurado e muitas vezes uma dada carta só attende á primeira parte.

Capitulo II — Configurações locaes

§ 1 – ESTUDO DAS FORMAS NATURAES DO TERRENO

259 — Irregularidades na crosta terrestre; sua importancia como modificadoras da forma do geoide. — Os agentes meteorologicos, as acções vulcanicas, as aguas das nascentes, etc., são outras tantas causas d'onde derivam as irregularidades reconhecidas na superficie que emerge dos oceanos, accidentado que as mesmas causas levam a constantes modificações; mas essas irregularidades só representam pequenos desvios accidentaes da figura geral do globo terrestre, não affectando sensivelmente a forma do geoide.

Para o provar basta-nos vêr o que se dá com o monte Everest no Himalaya, monte cuja altitude é aproximadamente de 9000^m. Comparada essa altitude com o raio medio da Terra, obteremos uma relação egual a 0.0014, isto é, se uma esphera de um metro de raio representar o globo terrestre, a altitude do monte Everest será representada por perto de millimetro e meio, grandeza relativamente insignificante.

260 — Algumas designações correspondentes ás formas locaes da superficie terrestre.—Se as causas apontadas no n.° anterior não perturbassem constantemente a formação natural dos accidentes do terreno, a superficie d'este seria sempre uma serie ininterrupta de planos cujas intercepções dariam linhas rectas.

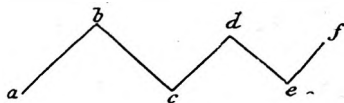



Fig. 112

Na Fig. 112 representamos schematicamente a forma typica da superficie terrestre, para melhor comprehensão das definições que damos em seguida :

Tergo—resultante do encontro de dois planos formando um angulo diédro convexo: *abc*, *cde* da Fig. 112. A' aresta do dié-

dro se chama *linha de festo, linha de separação das aguas ou cumieira:* as faces lateraes *ab*, *bc*, *cd*, etc., são as *vertentes* ou *encostas.*

Valle — resultante do encontro de dois planos formando um angulo diédro concavo: *bcd*, *def* da Fig. 112. A' aresta do diedro se chama *thalweg;* as faces lateraes *bc*, *cd*, *de*, etc. que constituiam as encostas ou vertentes, tratando-se de um tergo, passam a chamar-se *flancos* ou *margens*, tratando-se de um valle.

E' evidente que, dadas as irregularidades da crosta terrestre, os tergos e valles são constantemente alterados na sua forma geometrica, resultando linhas sinuosas para os festos e thalwegs.

Das *formas simples* que deixámos definidas nascem as *formas compostas* ou *derivadas: penellas*, *moçares*, *cerros*, *collinas*, *morros* ou *cabeços*, *outeiros*, *montes* ou *montanhas*; *serras*, *serranias*, *cordilheiras*, *macissos; collos*, *gargantas* ou *portellas* e as *quebradas* (1) etc.

Em hydrographia, tem mais peculiar importancia tudo o

---

(1) Diz-se *penella*, uma pequena penha ou pena; *moçar*, uma ligeira elevação de pedras; *cerro*, elevação de terreno penhascoso de mediocres dimensões; *collina*, terreno elevado de declive suave, com uma certa extensão e largura; *morro ou cabeço*, collina terminada superiormente em calote espherica, tomando aquella o nome de *outeiro* se está isolada e de *monte*, quando indica uma elevação qualquer consideravel; *montanha*, termo generico para indicar elevações de forma e natureza differentes e que muitas vezes se continuam por uma especie de encadeamento em espaços mais ou menos longos.

....

Serra é a montanha de forma muito alongada e onde na sua parte mais alta apparecem *picos*, *agulhas* e *penedios* em forma de dentes. *Serrania* é um agrupamento de serras; *cordilheira*, uma serie de elevações, com desenvolvimento em determinado sentido e comprehendendo agrupamentos maiores ou menores das fórmas que acabamos de indicar, dando origem não só ás extensas linhas de cumiada, mas aos contrafortes que se destacam da direcção geral. Na parte mais elevada das cordilheiras e de outros typos, tambem apparecem os *cumes*, *cimos* ou *viços* e os *planaltos*, amplas superficies de inclinação muito suave, conhecidas egualmente pelos nomes de *assentadas*, *chapadas* ou *explanadas*, *chans*, *planuras* e *plainos.*

Macissos são as grandes agglomerações de montanhas ou montes, ramificando-se de qualquer maneira, tanto no sentido longitudinal, como no transversal.

....

Collo, *portella ou quebrada* é o logar onde a crista de uma cadeia de montanhas, isto é, a sua linha de cumiada, se abaixa relativamente aos outros pontos contiguos da mesma crista.

(Curso de topographia por Mendes de Almeida e Rodolpho Guimarães).

que diz respeito á configuração que os terrenos apresentam junto ás costas do mar e ás bacias hydrographicas ([1]).

261 - Relações entre o configurado do terreno e os cursos d'agua. — Ha regras de um caracter generico que synthetisam as naturaes ligações existentes entre os cursos d'agua e as formas do terreno. De entre essas regras é conveniente ter presentes as seguintes ([2]):

— Quando dois cursos d'agua se encontram, a linha de festo do tergo que os separa está sensivelmente no prolongamento do curso d'agua resultante.

— Quando muitos cursos d'agua partindo de um ponto central seguem direcções diversas, ha ordinariamente na sua origem commum um ponto culminante.

— Quando dois cursos d'agua, correndo parallelamente, inflectem em sentidos oppostos, conduz esta circumstancia á natural supposição de que existe um ponto culminante no local do desvio.

— Um rio que se subdivide formando ilhas corre quasi sempre em terreno plano.

— As grandes velocidades da corrente n'um curso d'agua, correspodem quasi sempre a uma pronunciada inclinação dos leitos e portanto do thalweg.

Quando ha sinuosidades n'um rio, as margens concavas

([1]) As costas do mar desenvolvem-se segundo curvas mais ou menos sinuosas, apresentando-se umas vezes em forma de *praia*, plana e muito baixa; outras em forma de *barreira*, baixa e talhada a prumo; outras ainda em *alcantil* de variavel pendôr etc. etc.

Quanto á forma curva mais ou menos accentuada do contorno, pode o littoral receber as designações de *golfo*, *enseada* e *bahia*, designações hoje tão confundidas. Segundo as opiniões mais auctorisadas: *golfo* é o braço de mar que entra muito pela terra, por bôca estreita (como typo o golfo de Aden, por exemplo); *enseada* é a região maritima a que corresponde um littoral em arco de circulo, sem que propriamente forme embocadura (como typo a enseada de Lagos e não bahia como impropriamente se lhe chama); *bahia* a região maritima de littoral em curva mais fechada, havendo como que uma embocadura (como typo a do Rio de Janeiro, por exemplo).

— Dá-se o nome de *porto* a um logar aberto na costa ou dentro da fóz de um rio, que offereça aos navios um ancoradouro abrigado e onde possam carregar e descarregar.

Angra é uma pequena bahia formando porto; *abra* uma pequena enseada, quasi uma angra, com bastante fundo, onde seja possivel, a qualquer hora, os navios entrarem e fundearem; *calheta* uma pequena angra para serviço de pequenas embarcações; *esteiro* um pequeno braço do mar ou de rio, onde podem navegar embarcações miudas.

Estuario é a expansão do leito de um rio em largo alvéo ao lançar-se no mar, formando uma especie de golfo ou bahia.

([2]) Algumas d'ellas conhecidas pelo nome de *leis de Brisson*.

são geralmente mais profundas e por vezes de ribas abruptas. As margens convexas são, não raras vezes, de pouco fundo.

— Os affluentes correm com frequencia normalmente ao leito do rio principal.

— Os rios desaguam em locaes onde formam *cabedelos* (1) n'uma das margens. etc, etc.

§ 2 — REPRESENTAÇÃO DAS FORMAS NATURAES DO TERRENO

262 — Representação das formas naturaes do terreno por secções horisontaes ou curvas de nivel. — Imaginemos projectadas sobre uma superficie de nivel as intersecções feitas no terreno por planos horisontaes equidistantes.

Sejam, Fig. 113, *AB*, *A'B'* etc. os traços d'esses planos

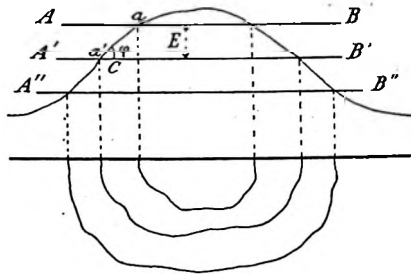



Fig. 113

cujas intersecções com o terreno estão projectadas sobre uma superficie horisontal. Unindo convenientemente os pontos de projecção obteremos *curvas de nivel*, como as traçadas na parte inferior da figura.

— Chamemos E á *equidistancia natural*, isto é, ao valor da distancia que separa os planos AB e $A'B'$, $A'B'$ e $A''B''$ etc. no terreno. Se fôr $\frac{1}{n}$ a escala da carta será:

$$e = \frac{1}{n} E$$

o valor da *equidistancia graphica*, isto é, a distancia constante

(1) Cabo de areia na foz ou proximidade de algum rio.

a que no desenho deveremos considerar separados os planos horisontaes secantes.

E' costume dar a e um mesmo valor: $0.^{m}0005$, e tornar assim E dependente da escala adoptada. Ha, como vamos ver, vantagem de proceder por esta forma. Com effeito, adoptado sempre para e um mesmo valor, será $E = ne$ tanto $\left\{\begin{matrix}\text{maior}\\ \text{ou}\\ \text{menor}\end{matrix}\right.$ quanto $\left\{\begin{matrix}\text{maior}\\ \text{ou}\\ \text{menor}\end{matrix}\right.$ fôr n, ou, o que é o mesmo, quanto $\left\{\begin{matrix}\text{menor}\\ \text{ou}\\ \text{maior}\end{matrix}\right.$ fôr a escala do desenho. D'estas considerações se conclue que quanto menor fôr a escala do desenho maior affastamento teremos a considerar entre os planos horisontaes secantes no terreno, o que é perfeitamente natural por isso que um desenho em pequena escala dispensa um trabalho minucioso de nivelamento. O contrario se dá n'um desenho em grande escala: E passa então a ter um pequeno valor e as intersecções a considerar são em maior numero, o que dá mais detalhe ao desenho.

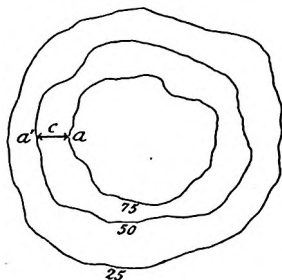
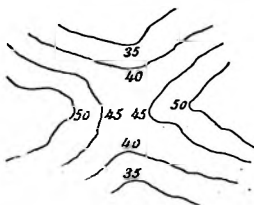



Fig. 114

Supponhamos desenhada a planimetria (n.º 258) e conhecida, para cada ponto determinado, a sua respectiva cóta (n.º 257). Se o desenho fôr, por exemplo, na escala de $\frac{1}{50000}$ teremos: $E = ne = 50000 \times 0^{m}.0005 = 25^{m}$, isto é, bastará em geral (¹) unir por curvas de nivel, de 25^{m} em 25^{m}, os pontos de egual cóta.

Fig. 115

As curvas de nivel da Fig. 114 fazem parte de um desenho na escala de $^{1}/_{60000}$; ás linhas alli traçadas correspondem as cótas: 25^{m}, 50^{m}, 75^{m} etc., differindo entre si do valor constante $E = 25^{m}$. E' tambem facil de reconhecer que na mesma figura se acha representado um tergo (n.º 260), por isso que os valores das cótas são crescentes de fóra para dentro, o contrario do que se daria tratando-se de um valle.

A fig. 115 representa evidentemente uma *quebrada*.

(¹) O assumpto será desenvolvido em occasião opportuna.

— Uma outra vantagem resulta de darmos sempre um mesmo valor á equidistancia graphica:

Consideremos, por exemplo, a inclinação de $a\,a'$, Fig. 113[1], sobre a horisontal, isto é, o seu declive φ e chamemos C á projecção de aa' sobre o horisonte; poderemos escrever:

$$\mathrm{tg}\varphi = \frac{E}{C}$$

ou

$$\mathrm{tg}\varphi = \frac{e}{c}$$

sendo c o valor de C no desenho; ora a grandeza c é representada na carta (Fig. 114) pela linha recta que une as projecções dos pontos a e a', recta que é normal commum ás duas respectivas curvas de nivel, e como se suppõe e constante, poderemos ajuizar de qualquer declive (na sua inclinação maxima) pela grandeza d'essa normal commum. D'estas considerações se conclue, em resumo, dada a constancia de e: *que as inclinações do terreno serão inversamente proporcionaes ao affastamento das curvas; — que um mesmo declive será representado por um mesmo affastamento das curvas consideradas, qualquer que seja a escala adoptada.*

— Os declives podem ser representados por percentagens, por fracções de numerador unidade ou ainda pelo valor do angulo φ. Suppondo, por exemplo, que n'um dado desenho e consideradas duas curvas de nivel se obtinha um affastamento $c = 10^{mm}$, seria:

$$\mathrm{tg}\varphi = \frac{e}{c} = \frac{0^{mm}.5}{10^{mm}} = \frac{5}{100} = \frac{1}{20} \qquad \text{ou } \varphi = 3.^{\circ}$$

designando-se o declive por: 5 %, $^1/_{20}$ ou 3°.

NOTAS. — A hypothese de uma equidistancia graphica constante nem sempre convem adoptar na pratica. Por vezes é preciso variar a grandeza, até na mesma carta, quando pela equidistancia admittida certos pormenores deixarem de ser representados com clareza. N'este caso é indispensavel marcar nas cartas o valor da equidistancia das curvas.

---

[1] Para facilidade de comprehensão, tomamos as figuras 113 e 114 referentes a um mesmo trabalho de nivelamento.

263 — Representação das formas naturaes do terreno por normaes. — N'este methodo de representação os espaços entre as curvas de nivel que se apagam são preenchidos com normaes a essas curvas. (Fig. 116).

No traçado d'essas normaes pode partir-se da supposição de uma luz zenithal. N'este caso, uma dada superficie parecerá tanto mais illuminada quanto mais se aproximar da horisontalidade, isto é, quanto menor fôr o seu declive; ora, como traçadas as curvas de nivel, o affastamento c (n.º 262) varia na rasão inversa da inclinação do terreno, segue-se que, adoptando para distancia entre as normaes o valor respectivo $\frac{c}{n}$, sendo n um numero constante, o desenho será tanto menos sombreado quanto menor fôr o declive do terreno representado, ficando assim satisfeita a condição acima exposta. E' costume fazer $n = 4$, applicando a chamada *lei do quarto*.

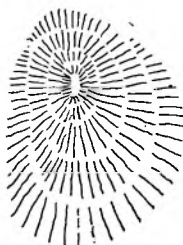
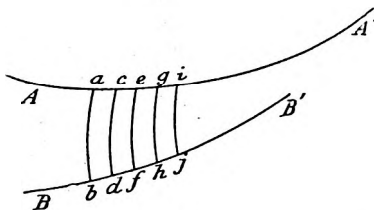



Fig. 116

Sejam, Fig. 117, AA' e BB' as duas curvas de nivel traçadas a lapis sobre o desenho e ab a linha de maior declive segundo a qual será dirigida a primeira normal. Tomemos sobre AA' um comprimento $ai = ab$ e pelo ponto i trace-se a normal ij.

Dividindo o comprimento ai em quatro partes eguaes e tirando pelos pontos c, e e g novas normaes, teremos feito a representação no espaço $aijb$. Continuariamos applicando analogamente o methodo para a direita de ij e assim successivamente até que, apagadas por fim as curvas de nivel, chegariamos ao completo acabamento da representação dos relevos do terreno considerado no desenho.

i. 117

Na Fig. 118 reunimos alguns processos de traçado de normaes em casos particulares: — Se as linhas de nivel fôrem rectas e parallelas, as normaes serão dispostas parallelamente; se curvas, parallelas e concentricas, as normaes serão rectas con-

vergentes; quando rectilineas e obliquas, uma em relação á outra, as normaes serão curvilineas, tendo para centro o ponto de encontro das curvas de nivel; se, finalmente, estas fôrem

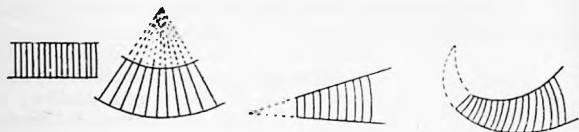



Fig. 118

curvilineas e não concentricas, as normaes serão curvilineas e excentricas.

Na Fig. 119 vemos representada por normaes uma certa porção de terreno accidentado, onde se notam tergos, valles e quebradas.

Pode a lei do quarto soffrer excepções em casos especiaes. As mais importantes são:

a) No começo e fim dos declives, como a inclinação do ter-

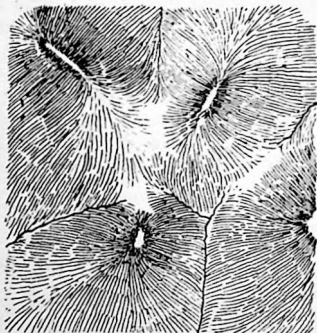



Fig. 119

reno se torna geralmente quasi insensivel, adelgaçam-se as normaes em um dos extremos, de forma a estabelecer a transicção entre o negro da tinta e o branco do papel, o que pode ser auxiliado por curvas intermediarias desenhadas a traço interrompido.

b) Quando o declive é inferior a $^1/_{64}$ ($c = 0^m.032$), deixam-se

em branco os intervallos das respectivas curvas de nivel, por isso que n'este caso as normaes seriam muito compridas e affastadas $\left(\frac{c}{4} = 0^m.008\right)$, o que produziria um effeito desagradavel no desenho.

c) Quando o declive é superior a $^1/_4$ ($c = 0^m.002$), traçam-se as normaes segundo a regra geral, mas engrossam-se.

d) Quando o declive é superior a $^1/_1$ ($c = 0.^m0005$), substituem-se as normaes pela convenção de escarpado: ||||||||||.

NOTAS. — A Fig. 116 foi desenhada na hypothese de uma luz zenithal.

— Se quizermos suppôr uma luz vinda do *NW* a 45,° o tracejado do lado de *SE* deve ser todo mais carregado.

264 — Representação das formas naturaes do terreno por meio de aguadas e esfumados; processo hypsometrico. — Os espaços comprehendidos entre as diversas curvas de nivel são, n'este systema, cobertos com aguadas ou esfumados. Se se emprega o processo dito *hypsometrico*, as aguadas ou esfumados vão sendo tanto mais escuros quanto maior é a cóta correspondente ao intervallo coberto. Obteem-se essas differenças de intensidade procedendo da seguinte forma, suppondo que se trata de aguadas: — Começa-se por dar uma aguada geral, muito fraca, no desenho; sêcca esta, applica-se a segunda aguada da mesma intensidade, não fazendo, porém, passar o pincel pela zona correspondente ás duas curvas de menor cóta; a terceira aguada ainda da mesma força, já não comprehende a segunda zona e assim seguidamente, até que a ultima encontra no seu limite a curva de nivel de maior cóta. Analogamente se procederia, tratando-se de esfumados.

265 — Considerações geraes sobre os differentes processos de representar a configuração do terreno. — O methodo das curvas de nivel é o mais rigoroso de todos, mas não dá relevo ao desenho e pode até torna-lo confuso.

— O processo das normaes é rigoroso; pode dar relevo, sobretudo se se adoptar illuminação do *NW;* mas enche ainda mais o desenho de linhas do que o methodo anterior, o que em alguns casos pode ser inconveniente.

— O methodo de aguadas pode em certos casos ser preferido e quanto ao hypsometrico, embora rigoroso, vemos que é processo pouco natural, por isso que torna tanto mais escuros os logares quanto maior é a sua elevação. A escolha do processo a seguir depende do fim a que se destinam as cartas e ainda do proprio accidentado do terreno.

Em hydrographia não são necessarias as grandes exactidões no desenho do configurado; comtudo, é indispensavel tornar

bem frisantes, aos olhos do navegador, todas as elevações principaes do terreno. E' o methodo das normaes, supposta a luz a 45,° o geralmente adoptado nas cartas maritimas.

266 — **Representação do terreno no plano vertical.** — Costumam algumas cartas maritimas trazer desenhadas vistas da costa que representam, prestando assim um valioso auxilio ao navegante. Essas vistas são umas vezes *panoramicas* e outras *orthogonaes*.

— Por *vista panoramica* deve entender-se o desenho de uma certa porção de costa quando observada de um ponto definido no mar. Esse ponto pode ser o de fundeadouro ou outro qualquer escolhido de modo a que a *vista* possa servir de proveitosa indicação ao navegante no reconhecimento da parte da costa que tem a demandar. Para desenho das *vistas panoramicas* começa se por procurar aquelle ponto e quando n'elle, determinaremos com o sextante os angulos horisontaes entre um ponto affastado e varios outros pontos salientes da costa, bem como as alturas angulares d'esses pontos acima do horisonte. Com esses elementos e tomando comprimentos proporcionaes aos angulos observados, poderemos traçar os contornos que melhor detalharemos á vista.

Fig. 120

Toma-se geralmente para as alturas uma escala maior que a das distancias horisontaes, afim de contar com a illusão que a vista da costa produz no observador collocado no mar, illusão que se traduz n'um apparente augmento de altura das elevações relativamente ás distancias horisontaes.

Desenhando o contorno da *vista*, convem destacar os diversos planos, dando ao primeiro plano um maior sombreado.

Foi construida, segundo os preceitos expostos, a vista panoramica representada na Fig. 120.

Restará indicar as alturas dos principaes pontos elevados do terreno, calculando as cótas d'esses pontos por processos que adeante exporemos e, por fim, registar o azimuth e distancia entre o ponto d'observação e um ponto saliente da costa, convindo que este seja escolhido na direcção da derrota a seguir.

A photographia presta actualmente bons serviços no desenho das vistas panoramicas, sendo esse realmente o processo habitual de hoje.

— As *vistas orthogonaes* dão os aspectos do terreno a quem percorre a costa, olhando sempre normalmente á linha geral da terra.

Para desenho das vistas orthogonaes projectam-se, sobre uma recta parallela á direcção geral da costa e por meio de perpendiculares, os pontos salientes e os pontos notaveis; sobre essas perpendiculares marcam-se comprimentos proporcionaes ás cotas d'esses pontos notaveis acima do horisonte, cótas obtidas por processos que adeante indicaremos. A escala das distancias horisontaes é, em geral, a mesma que a da carta da costa; a das cótas pode ser maior, em virtude do que atraz dissemos, tratando das vistas panoramicas. O contorno pode por fim ser detalhado á vista.

NOTAS. — Em ambos os casos das vistas mencionadas é conveniente exaggerar os tons que definem os varios planos, para bem os tornar apparentes ao navegante.

—O processo das aguadas pode ser usado com vantagem no sombreado.

— E' necessario considerar que o aspecto da terra pode ser muito variavel, dependendo do estado atmospherico e até da illuminação ás differentes horas do dia; convirá, portanto, sempre que seja possivel, escolher occasião propria em que a apparencia do terreno se possa considerar em circumstancias medias.

§ 3 — ESTUDO DA FORMA E CONSTITUIÇÃO DO FUNDO DOS OCEANOS, MARES E RIOS

267 — Configuração geral dos fundos dos oceanos e mares. — As acções vulcanicas, os trabalhos dos polypos, os açoriamentos produzidos pelas correntes impetuosas dos rios, a acção do proprio mar sobre o littoral que banha, etc., etc., são outras tantas causas d'onde derivam as constantes alterações que nomeadamente junto ás costas se notam nos fundos dos oceanos e mares; essas causas, porém, não teem sido sufficientes para produzir no solo submarino as irregularidades que se conhecem nas superficies a descoberto [1]

---

[1] Notam-se no solo submarino, a par de valles profundos, enormes cristas formadas pelas cumiadas de verdadeiras serras submarinas, existindo ainda, por vezes, extensos planaltos e cratéras alterosas elevando-se, em alguns casos, quasi á superficie da agua. Todas essas irregularidades, porém, são muito menos accentuadas do que as que se reconhecem nas superficies a descoberto, o que facilmente se explica attendendo a que as principaes causas modificadoras da forma da crosta terrestre, como são os phenomenos meteorologicos—o vento, a chuva, etc.—não teem acção directa sobre o solo submarino.

e é assim que o fundo das grandes bacias oceanicas apresenta, salvo raras excepções, um contorno regular e de pequeno declive.

Seja *AB*, Fig. 121, um arco terrestre medindo um angulo

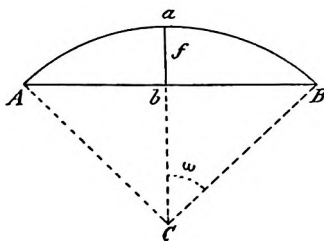



Fig. 121

ao centro egual a 2ω. Se representarmos por R o raio da Terra e por f o valor da flecha ab, será:

$$f = R\,(1 - \cos\omega) = 2\,R\,\text{sen}^2 \frac{1}{2}\,\omega$$

Chamando d á profundidade maxima de uma bacia de mar, teremos evidentemente:

$$\text{se } d \begin{Bmatrix} < \\ = \\ > \end{Bmatrix} f = 2\,R\,\text{sen}^2 \frac{1}{2}\,\omega \begin{matrix} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ o fundo será convexo} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ » » » plano} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ » » » concavo} \end{matrix}$$

Applicando este principio aos varios oceanos e mares, reconheceu-se que o solo submarino é, na maioria dos casos, convexo. (¹)

268 — Configurações especiaes junto ás costas. — Como regra geral, a configuração do solo submarino junto ás costas depende da forma do terreno do littoral; assim, se esse terreno é montanhoso, os fundos crescem, em geral rapi-

(¹) Citaremos como excepção o «Pas de Calais», para o qual $d = 60^m$, sendo $f = 19^m$.

damente, obtendo-se grandes profundidades a pequenas distancias da costa; se, pelo contrario, o littoral é formado por terrenos de pequena elevação, é vulgar encontrar pouco fundo a grandes distancias da terra, avultando nas regiões circumvisinhas o numero de baixos de constituição varia.

E' sobretudo na embocadura dos rios que a navegação se torna mais perigosa pelo grande numero de regiões de pouco fundo; ahi se desenvolvem os baixos de toda a especie ([1]).

NOTA. — Os fundos crescendo muito rapidamente junto ás costas se chamam de *perau;* aquelles em que esse augmento é feito suavemente se denominam *esparcellados*. Analogas designações recebem as praias relativamente á inclinação que apresentam.

269 — Configuração do fundo dos rios. — Os rios são cavados por forma que geralmente apresentam uma só linha de maior profundidade, linha que corresponde ao seu *thalweg*.

Já alguma coisa se disse com respeito ao fundo dos rios (n.º 261), reconhecendo-se em alguns, para dentro da foz, baixos de constituição varia, como os atraz apontados para as barras. Convem ainda frisar que nos grandes rios a sua ma-

---

([1]) A grande riqueza da nossa lingua em termos para exprimir a configuração e natureza de certas regiões submarinas de pouco fundo, tem levado alguns auctores a uma extraordinaria confusão sobre as ideias que devemos ligar a cada um d'esses termos, sendo hoje muito difficil precisar as rigorosas significações. Apoiados na auctoridade d'aquelles que maior credito nos merecem, vamos tentar definir alguns termos de uso vulgar:

A palavra *baixo* deve dar-nos a ideia generica de uma região de pouco fundo, independentemente da sua posição e extensão e ainda da natureza do solo submarino que o compõe; o *baixio* é um baixo extenso constituindo perigo para a navegação; o *banco* um baixo extenso, mas geralmente com a sonda necessaria para sobre elle se navegar (ex.: Banco de sondas continental (n.º 270); Banco das Agulhas etc.); a *restinga* um baixo ligado á terra e como que o prolongamento d'ella; o *parcel* um banco cuja sonda, n'um dado sentido, augmenta gradualmente (ex.: o Parcel das Agulhas etc., etc.); o *alfaque* um baixo de areia, movediço e de fundos muito irregulares, etc., etc.

Cachopos e recifes são baixos de pedra, sendo o *cachopo* mais propriamente o penhasco sempre debaixo d'agua e por vezes até coberto por uma densa camada de areia (ex.: os cachopos da barra do Tejo). Aos recifes ponteagudos e como que formando ilhotas fóra d'agua se chamam *farilhões*.

Barra é a designação generica da entrada de um porto; propriamente é o nome por que se designam os obstaculos naturaes que se encontram á entrada dos portos situados na foz de alguns rios. Por entre esses obstaculos ha, habitualmente, *canaes* estreitos que permittem a entrada de navios de maior ou menor calado Aos canaes da barra mais estreitos, curtos e de menor fundo se chamam *goladas*.

Cala é a passagem entre baixos apenas accessivel ás embarcações miúdas.

xima profundidade é muito pequena relativamente á sua largura.

270 — Constituição do fundo dos oceanos e mares. — A *oceanographia*, devido a considerações de varias ordens, presta hoje uma attenção especial ao estudo da zona das bacias oceanicas comprehendida entre a linha da costa, tal como ella se encontra traçada nas cartas geographicas e uma outra linha para o lado do mar e que une os pontos cujas profundidades attingem 200^{m}. Essa zona, indicada em todas as *cartas bathymetricas* (1) e conhecida entre nós pelo nome de *banco de sondas continental* (2), é, como facilmente se comprehende, de largura variavel: nas costas de Portugal vemo-la estreitissima defronte do Espichel, attingindo para o norte uma largura de mais de 9 milhas.

Tem um especial interesse o estudo do banco de sondas continental: para os naturalistas, pela intima relação que existe entre a fauna e a flóra das differentes regiões d'aquella zona; para o geologo, pela completa analogia entre as camadas sedimentares terrestres datando de antigas epochas geologicas e os depositos que hoje se effectuam no seio das aguas pouco profundas na visinhança immediata dos continentes acima do actual banco de sondas; para a industria da pesca, porque na zona considerada vivem os exemplares mais apreciados; para a navegação, porque é ainda na mesma zona que se encontram os logares de fundeadouro.

Chamam-se *depositos littoraes* (3) os que revestem o solo submarino na zona correspondente ao banco de sondas continental, incluindo-se n'essa zona a faixa comprehendida entre as linhas do preamar e baixamar das aguas. Como regra geral, a qualidade do fundo depende da natureza das costas mais proximas; assim é que nos logares onde desaguam muitos rios os fundos lodosos podem ter accentuada origem organica; as ilhas vulcanicas são annunciadas pelas areias vulcanicas; junto ás costas rochosas predominam os fundos de pedra, etc. Embora variada, a natureza do solo submarino pode pertencer a uma das quatro especies geraes:

1.ª — *Fundos de pedra;* frequentes junto ás costas rocho-

---

(1) Cartas em que os pontos de egual sonda são unidos por curvas.

(2) *Plateau continental* dos francezes; *continental shelf* dos inglezes e americanos; *flachsee* dos allemães.

(3) Os depositos que revestem o fundo do mar dividem-se em quatro classes, quanto á forma porque são feitos: *littoraes*, *terrigenes*, *oceanicos* e *abyssaes*. A primeira classe corresponde, em geral, á zona do banco de sondas continental; a ultima é privativa das grandes profundidades além de 5000^{m} e as duas intermediarias são peculiares a uma zona de profundidades medias.

sas. N'elles se desenvolvem especialmente as vegetações submarinas e é nas aguas que os cobrem que ha geralmente as melhores pescarias. Na mesma especie incluiremos os fundos de *coral.* [1]

2.ª — *Fundos de conchas;* despojos calcareos de seres marinhos. Se a concha é grande e em forma de buzio, os fundos dizem-se de *burgalhão.*

3.ª — *Fundos de areia;* detritos de calcareos de grandeza variavel desde a areia fina propria para polir até ao *cascalho.* Ainda na mesma especie incluimos os fundos de *calhau rolado.*

4.ª — *Fundos de lodo;* pequenos detritos organicos ou inorganicos de constituição e consistencia muito variaveis. Ainda na mesma especie incluimos os fundos de *globigerinos.* [2]

— Como é natural, ha muitas vezes a considerar, até na mesma sonda, mais de uma qualidade ou especie de fundo. Principalmente os fundos de 3.ª e 4.ª especies são arrancados ás margens, arrastados pelas correntes e depositados por fim no solo submarino, pela ordem do peso dos seus elementos; é assim que muitas vezes se encontram a partir das costas do mar: os calhaus, os burgalhões, as areias propriamente ditas e os lodos.

— Para cima de 200^{m} de profundidade, encontram-se quasi sempre lodos argilosos e escuros nas regiões abyssaes, calcareos nas profundidades medias. A globigerina forma quasi a totalidade dos fundos oceanicos do Atlantico.

NOTA. — São applicaveis aos leitos dos rios os principios que resumidamente exposemos no estudo dos depositos littoraes dos oceanos e mares.

§ 4 — REPRESENTAÇÃO DOS FUNDOS

271 — Sondas reduzidas. — Como dissemos no n.º 200, toda a sonda tem de ser definida pela posição do logar de sondagem e valor da profundidade reduzida a um plano de referencia chamado plano do zero hydrographico. [3]

---

[1] Fundos devidos ao trabalho dos polypos. Um grande numero de baixos de coral (ilhas madreporicas) deve a sua origem á acção d'esses pequenos animaes que se installam sobre rochas cobertas pelas aguas, elevando depois, pouco a pouco, até á superficie dos mares as materias calcareas que segregam.

[2] Animaes de corpo em forma de globo, coberto por um involucro claro e transparente, de póros apresentando a forma hexagonal. De cada angulo do hexagono sahe uma espinha delgada e flexivel.

[3] Como já tivemos occasião de dizer, o assumpto será mais desenvolvidamente tratado em occasião opportuna.

Feitas, durante algum tempo as observações de marés n'uma dada localidade, poderemos, nos casos geraes, determinar a leitura da escala de marés, correspondente á posição d'aquelle plano. Se, portanto, uma dada sonda *s* fôr feita no momento em que o nivel das aguas se encontra na graduação

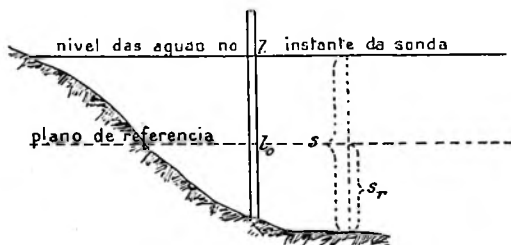



Fig. 122

l da escala, e se chamarmos l_0 á leitura correspondente ao plano de reducção, será evidentemente, supposto o zero para a parte superior:

$$s_r = s - (l_0 - l)$$

o valor da *sonda reduzida* a escrever no desenho e no ponto de sondagem.

272 — Representação dos fundos nas cartas hydrographicas. — Conhecida, por qualquer dos processos que adeante indicaremos, a posição do logar em que foi executada uma dada sondagem e posto o ponto correspondente no desenho, escreveremos por cima d'esse ponto o numero indicativo do valor da sonda reduzida e a abreviatura convencional da natureza do fundo.

Nas cartas dos oceanos é empregado o processo geral das curvas de egual profundidade (*isobathas*), recebendo as cartas o nome de *bathymetricas* [1]; mas na representação de pequenas porções de littoral, fundeadouros por exemplo, basta indicar as linhas dos 5^m e 10^m, que mais devem ser consideradas pelos navegantes.

---

[1] N'estas cartas é costume traçar a linha dos 200^m, linha que, como sabemos, define o limite do banco de sondas continental.

Uma boa representação de fundos é a feita com o processo das aguadas azues, tanto mais escuras quanto maior é a profundidade; mas tanto as curvas como as aguadas não devem excluir as representações das sondas feitas, exceptuando aquellas que, por serem muito proximas umas das outras, tragam confusão á vista. Se quizermos tornar bem apparentes as diversas zonas de fundo em relação á qualidade, poderemos separar essas zonas por linhas divisorias ou estabelecer côr differente para cada zona.

273 — Perfis de sondagem. — Para melhor ajuizar dos accidentes do solo submarino n'uma dada direcção, poderemos imaginar córtes verticaes, representando por um graphico os differentes valores das sondas reduzidas n'uma mesma direcção escolhida, em geral aquella que mais possa interessar á navegação.

Tomando por abcissas, n'uma dada escala, as distancias horisontaes e por ordenadas, n'uma escala muito maior do que a primeira, os valores das sondas, obteremos facilmente uma curva que nos dá perfeita ideia do relevo do solo submarino. Este trabalho é evidentemente facilitado pelo traçado das linhas bathymetricas da costa.

Nos rios ha a considerar o perfil longitudinal pela linha do thalweg e os transversaes normaes áquelle.

Capitulo III — Escalas e projecções adoptadas nas cartas maritimas

§ 1 — ESCALAS DAS CARTAS

274 — Classificação das escalas. — *Escala* de uma dada carta é, como se sabe, a relação que existe entre as dimensões de uma dada figura no desenho e a sua correspondente considerada no globo terrestre. Admittem-se as seguintes especies de escalas: *constantes* e *variaveis*, *numericas* e *graphicas*, especies que estudaremos nos numeros seguintes.

275 — Escalas constantes e variaveis. — Se a relação que define uma dada escala é invariavel qualquer que seja a figura que se considere na carta, a escala diz-se *constante;* se, porém, aquella relação não é sempre a mesma, sendo representada por valores diversos segundo a figura considerada, a escala diz se *variavel*. Rigorosamente, em hydrographia não ha escalas constantes; comtudo, na representação de pequenas extensões, os *planos hydrographicos* adoptam, como veremos, uma mesma relação para todas as linhas do desenho. Como exemplo de escala variavel temos a adoptada na *projecção de Mercator* já estudada no curso de navegação e aula de desenho.

Se uma $f(\alpha)$ é continua entre α_1 e α_n e m representa uma grandeza constante — *o modulo* —, ter-se-ha a escala de $f(\alpha)$

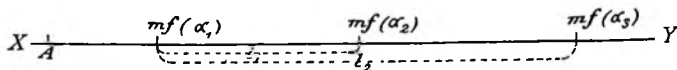



Fig. 123

entre α_1 e α_n, marcando, em geral sobre uma linha recta, os valores $mf(\alpha_1)$, $mf(\alpha_2)\ldots mf(\alpha_n)$ que se obteem depois de feita a substituição de α pelos varios valores suppostos.

Tal pratica se considera na figura 123 em que, a partir de um ponto A (origem) da recta XY, se marcam os valores de $mf(\alpha)$ dados os valores α_1, α_2, α_3, etc., de α.

Se tomarmos para origem o ponto $m f(\alpha_1)$, os comprimentos l, l_2 etc. serão dados pelos valores:

$$l_1 = m\left[f(\alpha_2) - f(\alpha_1)\right]$$
$$l_2 = m\left[f(\alpha_3) - f(\alpha_1)\right]$$
etc. etc.

E' assim, como sabemos, que se procede quando se quer graduar uma escala reduzida, adoptada a projecção de *Mercator*, representando m, n'uma dada escala constante, o comprimento de um arco do equador.

276 — Escalas numericas e graphicas.

a) *Escalas numericas.* — Uma escala diz-se *numerica* quando é representada por uma fracção tendo por numerador a unidade e constituindo o denominador, em geral, um numero multiplo de 10 [1]. As escalas numericas ainda podem ser *duplas* ou *sub-duplas* em relação a uma outra considerada; assim: a escala $\frac{1}{1000}$ é dupla da de $\frac{1}{2000}$ e sub-dupla da de $\frac{1}{500}$.

Dada uma escala numerica, é sempre facil saber a quantos metros no globo terrestre corresponde um decimetro, centimetro, millimetro, etc. tomado no desenho: basta para isso separar por uma virgula, uma, duas, tres, etc. casas do denominador, a contar da direita para a esquerda; o numero assim obtido será o que se pretende. Ex: dada a escala de $\frac{1}{5000}$, teremos:

a um metro na carta corresponde no globo terrestre...... 5000^m
» » decimetro na carta corresponde no globo terrestre... 500^m
» » centímetro » » » » » » ... 50^m
» » millimetro » » » » » » ... 5^m

Querendo por fim e de uma maneira geral resolver qualquer problema sobre equivalencias de distancias na carta e globo terrestre ou ainda achar a escala de um dado desenho quando conhecidas as grandezas de distancias homologas, bastará resolver convenientemente a expressão geral:

$$D = dm$$

em que D representa uma distancia considerada no globo ter-

[1] Se o denominador não é decimal, nem um numero simples digito, a escala diz-se *fraccionaria*.

restre, d a sua homologa na carta e m o denominador da escala.

NOTA. — Se forem $\frac{1}{m}$ e $\frac{1}{m'}$ as escalas de dois desenhos, uma mesma distancia D será representada por grandezas d e d' na relação:

$$\frac{d}{d'} = \frac{m'}{m}$$

isto é, para uma mesma distancia e varias escalas, as grandezas no desenho variam na razão inversa dos denominadores das mesmas escalas.

b) *Escalas graphicas*. N'esta especie de escalas a relação que existe entre as dimensões de uma dada figura no desenho

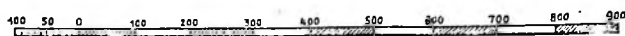



Fig. 124

e sua correspondente no globo terrestre é dada por um comprimento que nos servirá de unidade de medida. Assim, por exemplo, se tivermos a construir um desenho na escala constante de $\frac{1}{10000}$, poderemos tomar sobre uma recta comprimentos successivos eguaes a um centimetro, comprimentos que corresponderão evidentemente a 100^m.

A Fig. 124 representa uma *escala graphica simples* construida segundo os principios expostos.

Os parallelos graduados n'uma carta de Mercator são

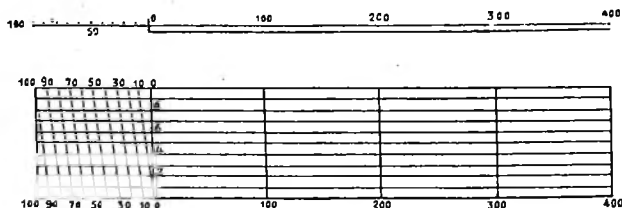



Fig. 125

exemplos de escalas graphicas simples (constantes); os meridianos extremos das mesmas cartas são escalas da mesma especie, mas variaveis.

— Uma outra especie de escala graphica se adopta no desenho: a escala *composta*, tambem denominada *decimal* ou de *transversaes*. Essa escala, só applicavel a desenhos em escala constante, tem por fim dar maiores aproximações. A simples inspecção da Fig. 125 dá-nos uma completa ideia do modo como é construida uma escala graphica composta e elucida-nos sobre o modo de obter, com a mesma escala, quaesquer distancias correspondentes ás consideradas no globo terrestre.

NOTA. — A escala é feita na relação $\frac{1}{5000}$; cada 2 centimetros representam pois 100^m. Com o rectangulo á esquerda da linha dos zeros, poderemos obter distancias aproximadas até 1^m.

277 — Relação dos erros graphicos com a escala. — Os erros de medições directamente feitas sobre a carta são tanto maiores quanto menor é a escala, por isso que suppondo que se commette sempre o mesmo erro, teremos de multiplica-lo pelo denominador que é tanto maior quanto menor é esta ultima.

O erro graphico que se pode commetter, usando de bons compassos e operando cuidadosamente, é de cerca de $\pm 0^m.0002$. Attendendo agora a que todo o comprimento graphico necessita de duas operações: uma medição na carta e outra na escala, o erro graphico total pode ser *o* ou $\pm 0^m.0004$, segundo os signaes dos erros parciaes. Sendo, por fim, $\frac{1}{m}$ a escala da carta, o maximo erro theoricamente tolerado terá por valor $\pm 0^m.0004 \times m$.

Assim, para qualquer medida tomada sobre uma carta nas escalas $\frac{1}{10000}$ ou $\frac{1}{20000}$, os maximos erros tolerados serão respectivamente $\pm 4^m$ ou $\pm 8^m$.

De todas estas considerações se conclue a necessidade de, na escolha da escala para um dado desenho, attender á aproximação dada pelos instrumentos e methodos empregados nos trabalhos sobre o terreno.

NOTA. — Na pratica, tratando-se de cartas lithographadas, impressas humedecidas, o erro tolerado póde realmente ser maior.

278 — Escalas adoptadas nas cartas maritimas. — Segundo a maior ou menor extensão representada, dividem-se as cartas maritimas em *geraes* e *particulares*, havendo ainda os chamados *planos hydrographicos* em que, como veremos, se consideram pequenas extensões da superficie da Terra projectadas sobre um plano horisontal escolhido.

Além d'este systema de projecção, estudaremos nos para-

graphos seguintes as projecções de *Mercator* e *central*, empregadas hoje no desenho das cartas maritimas geraes e particulares.

São as seguintes as escalas recommendadas para os trabalhos hydrographicos, segundo a natureza da região a desenhar e projecção adoptada:

PARA PORTOS E RIOS

(é *plana* a projecção geralmente adoptada)	$\frac{1}{1000}$; $\frac{1}{2000}$; $\frac{1}{5000}$; $\frac{1}{10000}$; $\frac{1}{20000}$; $\frac{1}{40000}$

PARA COSTAS MARITIMAS

Plano hydrographico		$\frac{1}{25000}$; $\frac{1}{50000}$
Cartas particulares	projecção de Mercator ou central	$\frac{1}{100000}$; $\frac{1}{200000}$; $\frac{1}{500000}$
» *geraes*	projecção de Mercator ou central	$\frac{1}{1000000}$

§ 2 — PROJECÇÃO CENTRAL OU GNOMONICA

279 — Systemas de projecção. — Considerada uma pequena extensão da superficie da Terra, podemos dizer que todos os systemas de projecção ou rebatimentos se aproximam muito da verdade e portanto são concordes entre si; mas a forma aproximadamente espherica da Terra vem trazer difficuldades impossiveis de resolver completamente, quando se pretenda representar com rigôr as grandes extensões da superficie terrestre.

A duas condições essenciaes teria de satisfazer um dado systema para que o desenho traduzisse a respectiva superficie que representa: 1.ª, que fossem conservados os valores angulares entre os arcos terrestres; 2.ª, que houvesse a equivalencia das distancias.

Ora, qualquer dos systemas hoje conhecidos não realisa cumulativamente aquellas duas condições e o problema tem sido resolvido attendendo separadamente a cada um dos requisitos expostos, se bem que mesmo assim só tem sido possivel reduzir a valores minimos as alterações necessarias.

N'essas considerações se fundam alguns auctores para classificar em dois grupos distintos os varios systemas de projecção hoje conhecidos, chamando *orthomorpha* ou *equivalente* a uma dada projecção, segundo é n'ella attendida a 1.ª ou 2.ª

das condições atraz expostas. Algumas d'essas projecções são chamadas *perspectivas* por representarem as extensões de superficie, como se fossem vistas por um observador collocado em dadas posições relativamente á Terra.

Sem entrarmos no estudo das varias projecções conhecidas, limitar-nos-hemos a umas breves considerações sobre os systemas adoptados no desenho das cartas maritimas : —*projecção central, por coordenadas rectangulares, e a de Mercator.*

280 — Projecção central ou gnomonica. — E' uma projecção perspectiva sobre um plano tangente á superficie terrestre, occupando qualquer das posições : parallelo ao esquador, a um meridiano ou ao horisonte racional, e em que se considera para ponto de vista o centro da Terra. As linhas de projecção são, portanto, as que unem o ponto de vista com os varios pontos a representar.

Fig. 126

Projecção central sobre um plano tangente parallelo ao equador (*polar*).

Fig. 127 (¹)

Projecção central sobre um plano tangente parallelo a um dado meridiano (*meridiana*).

Fig. 128

Projecção central sobre um plano tangente parallelo ao horisonte do logar a representar (*horisontal*).

Este systema tem o inconveniente das grandes deformações, não se podendo empregar na representação de um hemispherio completo ; tem porém a vantagem de dar linhas rectas para representar circulos maximos, vantagem aproveitada por Hilleret que empregou a projecção central meridiana na construcção das suas cartas de navegação orthodromica.

Inglezes e americanos adoptam o systema de projecção central horisontal, na construcção das cartas para navegar em latitudes elevadas. (²)

(¹) Os parallelos são arcos de hyperbole.

(²) Para o oceano Atlantico, o ponto de tangencia tem por coordenadas $\left\{ \begin{matrix} 30^\circ \, N. \\ 30^\circ \, W. \, G \end{matrix} \right.$ Em occasião opportuna indicaremos como se construe a respectiva rede.

§ 3 — PROJECÇÃO PLANA POR COORDENADAS RECTANGULARES [1]

281 — Distancias á meridiana e á perpendicular. — Se, pela vertical de um dado logar, imaginarmos conduzidos dois planos perpendiculares entre si, passando um d'elles pelos polos da esphera celeste, esses planos interceptarão a abobada celeste segundo dois arcos de circulo maximo; considerando depois baixadas, dos differentes pontos d'esses arcos, normaes á superficie da Terra e unindo por fim os pés d'essas normaes, obteremos duas linhas passando pelo logar e denominadas a *meridiana* e a *perpendicular;* a primeira plana e a segunda a dupla curvatura.

Suppondo agora rebatida a parte circumvisinha da superficie da Terra sobre um plano tangente no logar considerado, a *meridiana* ficará sendo uma recta *N-S* e a *perpendicular* uma linha que poderemos suppôr recta n'uma pequena extensão e dirigida perpendicularmente á primeira, obtendo-se, por esta forma, um systema de eixos rectangulares, podendo a posição dos pontos a considerar no rebatimento ser definida pelos valores das respectivas *distancias á meridiana* e *á perpendicular.* [2]

282 — Signaes a dar ás coordenadas. — Dissemos no n.° 255, que os azimuths em geodesia se contavam a partir do *S* por *W*, *N* e *E* e como o valor de qualquer das coordenadas *M* ou *P* (Fig. 129) de um ponto *A*, por exemplo, é expresso em funcção do seno ou coseno do azimuth [3], o signal da coordenada será o que corresponder a essa relação, segundo o quadrante do mesmo azimuth; assim, no quadrante de *S W*, como Z_A é menor que 90,° são positivos o seno e o coseno e portanto positivas as coordenadas *M* e *P;* no quadrante de

---

[1] É o systema de projecção adoptado em Portugal para fundamento dos trabalhos hydrographicos de mais rigôr.

[2] Em virtude do rebatimento considerado, essas distancias não correspondem rigorosamente ás que se obteriam á superficie da Terra, medidas então sobre arcos de circulo maximo. Para um ponto, por exemplo, a 150000^m da origem dos eixos e a 45° de direcção com a linha *N-S*, ha uma differença de 15^m entre as duas distancias ás perpendiculares, no globo e no supposto rebatimento; mas como as extensões a considerar em hydrographia são muito menores, pode-se suppôr a egualdade perfeita.

[3] Chamando *D* á distancia do ponto *A* á origem dos eixos, da Fig. 129 se tira:

$$M = D \text{ sen } Z_A$$
$$P = D \cos Z_A$$

NW, como Z_A está comprehendido entre 90° e 180°, o seno será positivo e o coseno negativo, d'onde resultam respectivamente os signaes $\left\{ \begin{matrix} + \\ e \\ - \end{matrix} \right.$ para $\left\{ \begin{matrix} M \\ e \\ P \end{matrix} \right.$; etc.

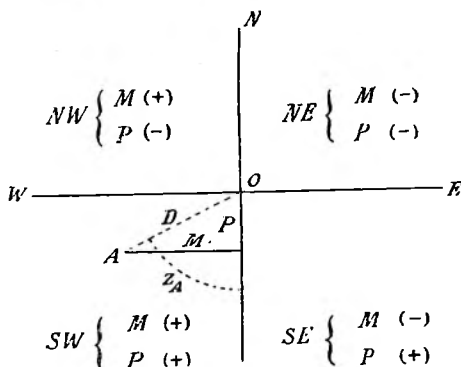



Fig. 129

283 — **Mudança de meridiana e perpendicular.** — Succede por vezes e devido a varias circumstancias, haver necessidade de substituir um systema de eixos rectangulares por outro analogo, resumindo-se essas substituições: no transporte do logar de origem, conservadas as direcções primitivas dos eixos; ou apenas na mudança de direcção dos mesmos eixos.

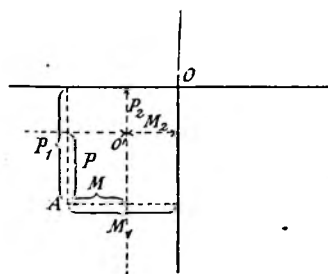



Fig. 130

Vejamos como, sendo conhecidas as coordenadas de um ponto referidas a um systema de eixos, se determinam as novas coordenadas do mesmo ponto, depois de effectuadas as substituições de que fallámos.

a) Substituição dos eixos orthogonaes por outros parallelos aos primeiros. Sejam, Fig. 130, M_1 e P_1 as coordenadas de

A referidas aos primitivos eixos com a origem em *O*. Chamemos M_2 e P_2 ás coordenadas da nova origem *O'*. Os valores *M* e *P* das distancias á meridiana e perpendicular do ponto *A*, considerada a origem em *O'*, são dados pelas expressões:

$$M = M_1 - M_2$$
$$P = P_1 - P_2$$

Exemplo:

Coordenadas do ponto *A* referidas aos primitivos eixos: $\begin{cases} M_1 = - \ 432^m.6 \\ P_1 = + \ 922^m.4 \end{cases}$

Coordenadas da nova origem *O'* referidas aos primitivos eixos: $\begin{cases} M_2 = + 1327^m.2 \\ P_2 = + 2548^m.3 \end{cases}$

$$\begin{array}{rl} M_1 = - & 432.6 \\ -M_2 = - & 1317.2 \\ \hline M = - & 1759.^m8 \end{array} \qquad \begin{array}{rl} P_1 = + & 922.4 \\ -P_2 = - & 2548.3 \\ \hline P = - & 1625.^m9 \end{array}$$

NOTA. Com a mudança d'eixos deu-se, pois, a passagem do ponto *A* do quadrante de *SE* para o de *NE*.

b) Os novos eixos teem a mesma origem dos primitivos; ha apenas a mudar a direcção dos eixos, de um angulo egual a θ.

Chamando M_1 e P_1 ás primitivas coordenadas, os novos valores das distancias á meridiana e á perpendicular são dados pelas expressões:

$$\left.\begin{array}{l} M = M_1 \cos\theta \mp P_1 \operatorname{sen}\theta \\ P = P_1 \cos\theta \pm M_1 \operatorname{sen}\theta \end{array}\right\}$$

os primeiros signaes para o caso da direcção ser mudada para a direita, supposto o observador no centro; os segundos, quando o deslocamento seja para a esquerda.

A substituição que acabámos de considerar pode tornar-se necessaria, por exemplo, quando se adopte provisoriamente uma linha *N-S* aproximada, reconhecendo-se mais tarde que a verdadeira linha *N-S* faz com a anterior um angulo egual a θ.

Tambem podem servir as formulas acima para o caso em que qualquer das distancias do ponto *A* aos eixos seja muito grande, o que será muito raro, como dissemos, em hydrogra-

phia; o angulo θ representará então o valor da convergencia de meridianos.

Exemplo: Conhecidas as coordenadas $\begin{cases} M_1 = +3427^m.8 \\ P_1 = -\ 853^m.3 \end{cases}$ de um ponto, referidas a eixos n'uma direcção approximada, determinar o valor das distancias á meridiana e á perpendicular, tendo-se reconhecido que a verdadeira linha *N-S* faz com a primitiva adoptada um angulo egual a 1.° 30′ e para a direita.

$M_1 = +3427^m.8$	$\log M_1 = 3.535011$				3.535011
$P_1 = -853^m.3$	$\log P_1$		2.921842	2.921842	
$\theta = 1^\circ\ 30'$	$\log \text{sen}\ \theta =$		8.417919		8.417919
	$\log \cos \theta =$	9.999851		9.999851	
		3.534862	1.339761	2.921693	1.952930

$$M_1 \cos \theta = +3426.6 \qquad P_1 \cos \theta = -835.0$$
$$-P_1 \text{ sen } \theta = +\ \ 21.9 \qquad +M_1 \text{ sen } \theta = +\ 89.7$$
$$M = +3448.5 \qquad P = -745.3$$

NOTA. — Quando o angulo seja muito pequeno, o que succede geralmente, poderemos suppor $\cos \theta = 1$ e portanto adoptar as expressões:

$$M = M_1 \mp P_1 \text{ sen } \theta$$
$$P = P_1 \pm M_1 \text{ sen } \theta$$

§ 4. — PROJECÇÃO DE MERCATOR

284 — Generalidades. — Como é sabido, nas chamadas *cartas reduzidas*, as loxodromicas são representadas por linhas rectas, condição que é satisfeita quando se considere em projecção: 1.°, um mesmo comprimento para todos os graus de longitude; 2.°, todos os meridianos perpendiculares a uma mesma linha representativa do equador terrestre; 3.°, os parallelos conservando o perpendicularismo a todos os meridianos, sendo porém variaveis as distancias entre esses parallelos, distancias que crescem do equador para os polos proporcionalmente á secante da latitude.

Nas cartas de Mercator, os angulos em torno de um ponto são rigorosamente conservados; dá-se, porém, a deformação da superficie desenhada: assim, é facil de ver, por exemplo, que uma mesma extensão linear proxima do equador ou do parallelo dos 60° é representada por comprimentos que estão

entre si como 1 : 2, por isso que *sec* 60° = 2; areas de superficies eguaes e nas situações apontadas estarão evidentemente como 1 : 4.

285 — Alteração dos azimuths na carta reduzida; azimuths loxodromicos. — O circulo maximo, que passa para dois pontos A e B da superficie terrestre supposta espherica e em relação ao qual são medidos os azimuths Z_{AB} ou Z_{BA} (n.° 255), desenha-se na carta reduzida segundo um arco $\widehat{AB}$, Fig. 131, com a concavidade voltada para o polo abaixado, arco que entre pontos não muito affastados se pode considerar de circumferencia. Aquelles azimuths observados correspondem respectivamente no desenho as direcções das tangentes Aa e Bb ao arco $\widehat{AB}$, tangentes que se cruzam segundo um angulo $bTA = BTa$, egual á convergencia de meridianos Δz (n.° 255).

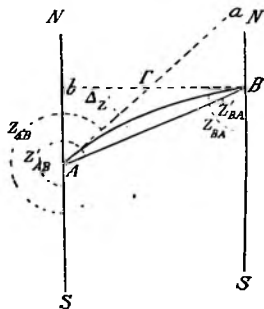



Fig. 131

Por estas considerações se conclue que a linha recta AB não define qualquer dos *azimuths verdadeiros*, Z_{AB} ou Z_{BA}; aos angulos Z'_{AB} e Z'_{BA} formados por AB, em A e B, com a direcção do meridiano, chamaremos *azimuths loxodromicos*. Da figura se tira:

$$Z_{AB} = Z'_{AB} - \frac{\Delta z}{2} \qquad\qquad Z_{BA} = Z'_{BA} + \frac{\Delta z}{2}$$

ou, em geral, sempre que fôrem considerados dois pontos não muito aflastados, e chamando Z_v e Z_l respectivamente ao azimuth verdadeiro e loxodromico de um mesmo d'aquelles pontos, observado do outro:

$$Z_v = Z_l + \frac{\Delta z}{2} \qquad (15)$$

sendo Δz dado pela expressão (14) e attendendo, quanto ao signal, ao que foi dito no n.° 255 [1].

---

[1] Das duas direcções azimuthaes: a verdadeira e a loxodromica, esta ultima a mais abaixada para o lado do equador.

286—Conhecimento e traçado dos azimuths, rigorosamente, na carta reduzida. — Permitte-nos a expressão (15) resolver qualquer dos problemas seguintes, suppondo os pontos não muito affastados:

a) Conhecido o azimuth loxodromico Z_l de um ponto B tomado de A, determinar o valor do azimuth verdadeiro correspondente. Obtidas as coordenadas, latitude e longitude, dos pontos A e B, calcularemos Δz.

A formula (15) dará então o valor pedido.

b) Traçar sobre a carta reduzida uma direcção azimuthal observada de um ponto A para outro B, suppondo que se conhecem as coordenadas de A e aproximadamente as de B. Calculado Δz como se sabe, a expressão (15) dará o valor pedido Z_l.

— São estes os problemas elementares d'onde derivam outros mais complexos que podem apresentar-se na pratica da hydrographia, sobretudo quando se opere em latitudes elevadas. Querendo, por exemplo, fazer uma rigorosa representação de um ponto C da superficie da Terra, determinado pelo cruzamento de duas direcções azimuthaes tomadas de outros dois pontos A e B, começaremos por traçar na carta as linhas Aa e Bb, Fig. 132, nas direcções azimuthaes obtidas, determinando

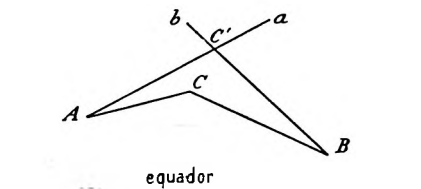



Fig. 132

um ponto C' aproximado. Com o conhecimento das coordenadas de C', ficaremos habilitados a calcular os valores de Δz para depois, separadamente, corrigir os azimuths verdadeiros, obtendo os correspondentes loxodromicos. O cruzamento das novas direcções dará um ponto C representando na carta o ponto observado á superficie da Terra.

287 — Traçado de angulos, rigorosamente, na carta reduzida. — Se ha a desenhar um angulo observado entre dois

pontos muito distantes ([1]), é preciso considera-lo como a differença de dois azimuths, applicando a esse angulo a $\left\{\begin{matrix}\text{differença}\\ \text{ou}\\ \text{somma}\end{matrix}\right.$ das duas correcções $\left(\frac{\Delta z}{2}\right)$, segundo os dois pontos considerados estão $\left\{\begin{matrix}\text{do mesmo}\\ \text{ou}\\ \text{differente}\end{matrix}\right.$ lado do meridiano do logar a definir (vertice do angulo). Esta correcção é $\left\{\begin{matrix}\text{addictiva}\\ \text{ou}\\ \text{subtractiva}\end{matrix}\right.$ segundo a linha que une os dois pontos dados, quando prolongada, vae encontrar o meridiano do ponto a definir, para o lado do polo. $\left\{\begin{matrix}\text{elevado}\\ \text{ou}\\ \text{abaixado}\end{matrix}\right.$ A determinação aproximada do ponto, para dar os elementos necessarios á formula da convergencia de meridianos, pode ser feita graphicamente.

([1]) Considerações applicaveis á resolução do problema dos dois angulos adeante estudado.

PARTE SEGUNDA

ESTUDOS FUNDAMENTAES

Capitulo I. — Erros das observações

§ 1. — ERROS PESSOAES

288 — **Considerações previas.** — Vimos no n.° 1 quaes os erros a esperar nas observações: além dos enganos de possivel annullação pela pratica e attenção do observador, ha a contar com os erros instrumentaes, pessoal e de refracção. Sobre os primeiros fizemos, no decurso do *Livro I*, um estudo especial, considerado separadamente cada um dos instrumentos e vimos tambem que quando se queira conhecer, n'uma serie de observações, o erro medio quadratico (n.° 4), ha a construir a curva de repartição dos erros, applicando por fim, quando seja possivel, os principios expendidos nos n.os 3 e seguintes. Afim de reduzir a um minimo o valor de todos os erros, é agora occasião, visto tratarmos depois de observações no terreno, de fazer um breve estudo sobre os erros pessoaes e de refracção, estabelecendo as normas a seguir para que essas observações sejam feitas nas condições as mais favoraveis.

289 — **Equação pessoal.** — E' no estabelecimento dos contactos e apreciação dos tempos respectivos que, habitualmente, nas observações que estudamos, se manifesta o erro pessoal do observador, erro que pode considerar-se como tendo um valor medio em condições normaes e soffrendo desvios accidentaes attribuidos especialmente a circumstancias physiologicas. A pratica de observar attenua esses desvios e theoricamente deve o erro pessoal, considerada uma serie de observações, diminuir com um maior numero d'ellas; é preciso, comtudo, attender o que essa repetição tem limites praticos relativos a cada genero de observações: muito seguidamente não ha vantagem e até pode haver inconveniente em as repetir, porque a precisão da media das medidas particulares é directamente proporcional não ao numero d'ellas, mas á raiz quadrada d'esse numero (n.° 4) e, por outro lado, diminue com o augmento do erro medio quadratico, augmento de cres-

cimento rapido, que se dá sempre devido á fadiga, a partir de um certo numero de observações feitas.

Com o sextante, por exemplo, é preciso não ir além de onze observações, na formação de um grupo de alturas seguidamente tomadas.

Uma bôa determinação da *equação pessoal* pode ser feita recorrendo aos apparelhos de observatorio, nos quaes se simula a passagem de uma estrella no reticulo da luneta, sendo dado automaticamente o tempo exacto da passagem de uma imagem luminosa em cada fio; as differenças encontradas pelo observador podem dar-nos a medida da equação pessoal, n'este genero de observações.

NOTAS. — Sempre que seja possivel, afim de evitar a combinação de erros pessoaes de dois ou mais observadores, convirá, nos casos em que haja a registar contactos e tempos respectivos, que as operações sejam todas feitas por um mesmo observador. Com alguma pratica consegue-se observar e contar simultaneamente, dando assim aos resultados um maior rigôr.

— O que temos dito sobre contactos e tempos respectivos, é analogamente applicavel a outras observações em que pode manifestar-se o erro pessoal, como: queda de um balão horario, percepção de um signal luminoso ou acustico etc.

— A equação pessoal, affectando geralmente um certo grau de constancia, não deve ser considerada nas medidas differenciaes.

§ 2 — ERROS DE REFRACÇÃO

290 — A refracção atmospherica nas observações zenitaes. — A atmosphera produz, como sabemos, um desvio, em altura, na direcção da pontaria, desvio que aproxima os objectos do zenith. Tratando-se de observações de astros, ha a considerar a chamada *refracção astronomica*; se, porém, a pontaria é dirigida para um objecto terrestre, como os raios luminosos não atravessam agora toda a atmosphera, o phenomeno tem caracteristicas proprias e diz-se então que o desvio é proveniente da *refracção terrestre*.

— A primeira é, como sabemos, variavel com a altura do astro observado, influindo ainda no valor do desvio a temperatura e a pressão. Para alturas inferiores a 10°, dadas as grandes anomalias proximo do horisonte, não ha formula que nos possa dar, com a necessaria aproximação, o valor do desvio devido á refracção astronomica. A taboa IV da collecção de Norie fornece-nos os valores da refracção, valores que só

são aproximados, tratando-se de alturas apparentes superiores a 10° e quando se queira ainda um maior rigôr nas determinações, não deve um astro ser observado a menos de 18° do horisonte.

Attenda-se ainda a que, como dissemos, o desvio é variavel com a temperatura e pressão: um {augmento ou diminuição} da temperatura produz uma {diminuição ou augmento} no valor do desvio; um {augmento ou diminuição} da pressão traduz-se n'um {augmento ou diminuição} do effeito da refracção.

— Como os objectos á superficie da Terra teem, em geral, pouca altura, as anomalias da refracção terrestre manifestam-se por vezes enormemente, fazendo até ondular as imagens.

Feitas observações em varias regiões do globo, chegou-se sempre a uma expressão da forma geral:

$$r = n \times C$$

na qual r representa a refracção terrestre entre dois pontos cujas verticaes formam no centro da Terra um angulo egual a C, e n um valor medio particular a cada região estudada. A esta quantidade n se chama *coefficiente de refracção terrestre.*

Para Portugal, foi determinado pelo general Folque o valor medio: $n = 0.08$; mas nos paizes tropicaes deve n ser menor, tendo-se na Algeria obtido um valor de 0.06 para aquelle coefficiente. No mar e nas nossas latitudes é, segundo Germain, $n = 0.076$; se pois substituirmos C pela distancia K, em milhas, entre os dois pontos, o de estação e o observado, teremos nas nossas latitudes:

$$\text{Refracção terrestre} \begin{cases} \text{em terra} = 0.08\,K = \dfrac{1}{12.5}K \quad \text{aprox.} \\ \text{no mar} = 0.076\,K = \dfrac{1}{13.2}K \quad \text{aprox.} \end{cases}$$

A refracção terrestre tambem {diminue ou augmenta} com o augmento de {temperatura ou pressão} segundo leis empyricas aproximadas, sendo essas mudanças, em ultima analyse, feitas á custa das variações do coefficiente n, coefficiente que apresenta assim valores differentes segundo as epochas do anno e até segundo as horas do

dia ([1]). Nas occasiões de maximos e minimos de u, é que devem de preferencia ser feitas as observações zenithaes, porque então é que naturalmente se devem dar menos fortemente as anomalias tanto para temer. Taes motivos levam-nos a recommendar que se evitem aquellas observações nas proximidades do nascer e pôr do sol.

291 — A refracção atmospherica nas observações azimuthaes. — Não é só no sentido vertical que a atmosphera pode produzir desvios na direcção dos raios luminosos; ella tambem os desvia no plano horisontal e as anomalias são tanto mais para temer quanto é certo que nenhuma lei as pode definir.

Sómente podem aqui ser dadas algumas indicações de caracter geral, como as que se seguem:

— Não observar nas proximidades do nascer e pôr do sol.

— Preferir um tempo secco, ainda que ventoso, a uma atmosphera calma e quente; evitar as pontarias rasantes sobre grandes superficies de facil aquecimento, etc., etc.

([1]) Em relação ás medidas do systema metrico decimal, foi determinada pelo geodesico portuguez Brito Limpo uma formula que exprime essas variações. Não a apresentamos aqui por não ser de applicação essencial em hydrographia elementar.

Capitulo II. — Avaliação de distancias

§ 1 — ALINHAMENTO

292 — Assignalar pontos intermediarios de um alinhamento. — Como já dissemos, considerados dois pontos *A* e *B*, a recta que os une determina o *alinhamento* d'esses pontos e os prolongamentos d'essa recta, para qualquer dos lados, o *enfiamento* dos mesmos pontos.

Nas operações necessarias para medições directas de distancias e em outros trabalhos topographicos, torna-se indispensavel assignalar pontos intermediarios do alinhamento tomado. E' d'este assumpto que vamos tratar resumidamente, apresentando alguns casos especiaes.

Uma mesma direcção pode-nos ser dada usando de instrumentos taes como o theodolito, o nivel d'oculo, etc. ou empregando exclusivamente bandeirolas como as de que fallámos no n.º 173.

No primeiro caso, estacionado o instrumento em *A* e dirigindo o oculo para *B*, facil será procurar pontos intermediarios do alinhamento *AB*, attendidos os signaes do observador. No segundo caso, espetaremos uma bandeirola em cada um dos pontos *A* e *B*; depois, collocado um observador junto de uma d'essas bandeirolas, mas não muito perto d'ella, manda que o seu ajudante, suspendendo uma bandeirola em posição vertical, a deixe cahir quando o mesmo observador reconheça que esta bandeirola entrou no alinhamento. Espetado o primeiro signal intermediario, as demais bandeirolas poderão ser collocadas aproveitando o enfiamento d'aquelle signal com as bandeirolas extremas.

Nem sempre a operação de assignalar pontos intermedia rios se pode fazer por forma tão simples, por isso que varias circumstancias por vezes o impedem. Citaremos alguns casos especiaes :

a) Os pontos extremos são inaccessiveis. N'este caso dois observadores postados em *O* e *O'*, Fig. 133, podem collocar bandeirolas intermediarias, *C* e *D*, por tentativas ; quando ambos vejam tres bandeirolas bem enfiadas, estão no alinhamento.

b) Entre os pontos extremos existe um obstaculo, como uma elevação por exemplo. N'este caso, representado na Fig. 134, postas bandeirolas nos pontos *A* e *B*, collocam-se dois obser-

Fig. 133

vadores: um em *C*, vendo o ponto *B* e outro em *D* avistando *A*. Se *C* e *D* estiverem na direcção *AB*, o problema fica resolvido; se, porém, assim não acontecer, o que é vulgar, o observador em *C* transporta-se para *C* no alinhamento *AD* e

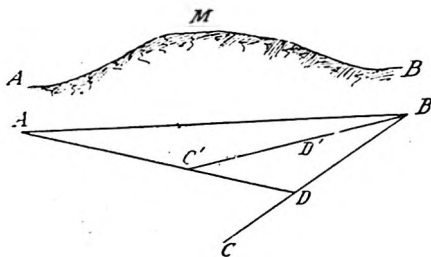



Fig. 134

o outro para *D'* na direcção *CB*. Sendo assim preciso, de novo se deslocam até entrarem no alinhamento procurado e agora definido por quatro pontos.

293 — Prolongar um alinhamento. — Teremos de

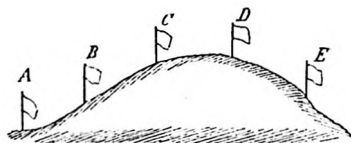



Fig. 135

espetar bandeirolas no enfiamento obtido. As Figuras 135 e 136 representam dois casos especiaes: na primeira, se considera o prolongamento do alinhamento *AB* até *E*, prolonga-

mento obtido com o auxilio de bandeirolas e de modo a espetar cada uma d'ellas no enfiamento determinado pelas duas bandeirolas que immediatamente a antecedem; na segunda, se figura o prolongamento de *AB*, mediante um outro auxiliar

Fig. 136

abcd parallelo ao primeiro, passando depois para *CD* por intermedio das perpendiculares *cC* e *dD* (1).

§ 2. — MEDIÇÕES FEITAS DIRECTAMENTE

294 — Considerações geraes. — Estudámos no *Livro I* (n.os 114 a 123), os varios instrumentos empregados na medição directa das distancias com um certo rigôr, acompanhando a descripção de cada um d'esses instrumentos de algumas palavras sobre o seu emprego, limitando-nos ao caso de applicar, por uma só vez, o comprimento fornecido e não introduzindo a hypothese de o terreno offerecer uma certa inclinação (2).

Quando a distancia a medir exija applicações successivas d'aquelle comprimento, teremos previamente de fixar a direcção a seguir, attendendo aos preceitos expostos no n.º 292, e no caso de o terreno ser inclinado, convirá definir uma linha horisontal que nos pode ser dada por um theodolito ou nivel de oculo (3).

Definidos o alinhamento e nivelamento, restará executar a avaliação da distancia entre os pontos extremos, repetindo pela mesma ordem as operações que foram indicadas quando

(1) As perpendiculares podem ser obtidas recorrendo a um esquadro (n.os 110 a 112).

(2) Para o caso das reguas, suppozemos tambem a hypothese de o terreno ser inclinado, se bem que n'essa hypothese as medições executadas sejam sempre susceptiveis de varias incorrecções.

(3) Poder-se-ha, nos casos de menos rigôr, apreciar á vista a posição horisontal da cadeia, fio ou fita distendida, ou fazer a medição no terreno, calculando depois a projecção sobre a horisontal, quando conhecido o declive.

no *Livro I* estudámos resumidamente o modo de emprego de cada um dos instrumentos descriptos. Juntaremos a esse estudo algumas considerações sobre o uso da cadeia metrica e fio d'aço, o que faremos nos n.os seguintes.

295 — Considerações complementares sobre o emprego da cadeia metrica e fio d'aço na medição directa das distancias. — Como dissemos (n.º 119), acompanham a cadeia metrica dez fichas de ferro, fichas que auxiliam a contagem do numero de vezes que sobre o terreno se transporta o comprimento fornecido pelo apparelho. Para isso, o medidor que vae na frente leva as 10 fichas, espetando-as uma a uma no extremo de cada medição parcial que executa; cada ficha é depois levantada e guardada pelo outro medidor, quando estaciona junto d'ella.

D'este modo poderá cada um dos dois medidores fazer separadamente o registo das distancias de 100m ou 200m percorridas: o primeiro ao espetar a ultima ficha: o segundo ao levantar a decima.

— A Fig. 137 dá uma ideia do modo como deve ser executada uma medição empregando o fio d'aço.

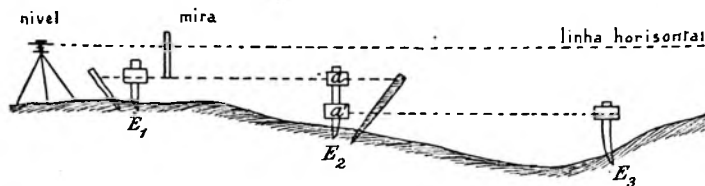



Fig. 137

O alinhamento e nivelamento dos extremos podem ser feitos com um theodolito ou nivel d'oculo.

Uma mira, assentando sobre o fio, servirá para verificar se a medição é feita no alinhamento dado e auxiliará a operação de levar á horisontal o fio distendido, procurando-se obter a mesma leitura da mira quando assente em cada um dos extremos do fio esticado.

Na medição entre as estacas E_2 e E_3 foi necessario transportar o ponto *a* para *a'*, o que se conseguiu com um fio de prumo mergulhado em agua tranquilla; este trabalho será dispensado quando os alvos sejam moveis.

NOTAS. — A medição de distancia entre os extremos deve ser repetida, para completa verificação.

— Para maior rigôr, deve-se ter em conta a influencia da temperatura, applicando o coefficiente de dilatação do aço.

— Devem-se evitar os dias ventosos para este serviço de medições e, podendo ser, medir na direcção do vento que haja.

§ 3 — MEDIÇÕES FEITAS INDIRECTAMENTE

296 — Considerações prévias.—Na medição indirecta das distancias poderemos empregar, além dos processos telemetrico e stadimetrico estudados nos n.os 126 a 142, aquelles que separadamente apresentaremos nos numeros seguintes. A' excepção do que emprega o som, processo pouco rigoroso e raras vezes empregado nos trabalhos hydrographicos, todos os demais se resumem na resolução de triangulos rectilineos ou esphericos.

297 — Distancia pela altura angular da mastreação. — E' este um processo muitas vezes usado em operações hydrographicas expeditas. Estando o navio bem amarrado ou sempre aproado ao mesmo rumo por effeito da corrente ou ventos constantes, poderemos, conhecida a altura da borla do mastro de prôa acima da linha d'agua ([1]), determinar a distancia de um ponto no mar a esse mastro, obtendo com um sextante, por exemplo, o angulo vertical entre essa linha e aquella borla, supposta a observação feita quanto possivel proximo do lume d'agua. Resume-se o problema na resolução de um triangulo que se pode considerar rectangulo e em que se conhece um catheto e um dos angulos agudos.

E' evidente que o resultado será tanto mais aproximado quanto mais alto fôr o mastro. Para distancias superiores a 1000^m, o processo pode produzir erros de cerca de $^1/_{10}$ da distancia a avaliar.

Conhecidas as distancias correspondentes a varios angulos observados, um graphico construido em papel millimetrado pode facilitar a determinação de valores respectivos a angulos intermedios.

298 — Distancia por caminho e marcações. — Como o anterior, é este processo empregado em operações hydrographicas expeditas. Navegando parallelamente á costa e havendo n'ella um ponto bem definido e pouco elevado, pode-se determinar a distancia do navio áquelle ponto, no momento em que é feita uma observação de distancia angular

---

([1]) Prefere-se esse mastro porque assim se reduzem os erros resultantes dos deslocamentos do navio, podendo-se, com aproximação, considerar as distancias obtidas como tomadas da prôa.

entre a direcção para o ponto definido e a da prôa do navio. E' este um dos problemas já estudados no curso de navegação.

Se nos pontos N e N', Fig. 138, correspondentes a duas posições do navio na sua derrota, determinarmos os angulos α e α' entre o rumo e as direcções para o ponto A, teremos, feita a differença $\alpha'-\alpha$, os necessarios elementos para entrar na taboa V do Appendice e obter o factor por que devemos mulplicar o caminho andado entre N e N', dando-nos esse producto a distancia AN'.

Fig. 138

Exemplo: Duas marcações de um mesmo ponto A respectivamente por 80°SW e 70NW, estando a prôa em 30°SE, darão para argumentos:

Superior.	110°
Lateral.	30°

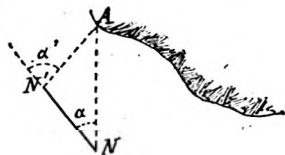
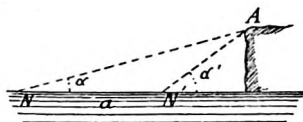
sendo, pois, 1.88 o factor pedido.

NOTAS. — Quando os angulos medidos pela agulha, entre o rumo e as duas direcções azimuthaes, estão entre si como 1: 2, o factor fornecido é egual á unidade, isto é, a distancia ao ponto no momento da 2.ª marcação é egual ao caminho navegado no intervallo das marcações.

— O emprego do *taximetro*, dando immediatamente os angulos das linhas de marcação com a direcção seguida, facilita os calculos anteriores.

A Fig. 139 mostra-nos a possibilidade de emprego da taboa V no caso em que se navegue n'uma direcção NN' passando pela vertical de um ponto A da carta. Obtidas as alturas angulares α e α', entraremos com ellas n'aquella taboa, obtendo o coefficiente por que se deve multiplicar o caminho andado $NN' = a$ para ter a distancia $N'A$.

Fig. 139

299 — Distancia pelo angulo de depressão. — Supponhamos que se estaciona n'um logar elevado de que se conhece a cóta sobre o nivel das aguas e se observa a distancia zenithal ou melhor a depressão de um ponto ao lume

d'agua. Teremos os necessarios elementos para determinar a distancia horisontal entre o ponto observado e a vertical do instrumento.

Com effeito, da Fig. 140 se tira:

$$D = N \operatorname{cotg} \varphi \qquad (16)$$

formula que pode ser resolvida pela taboa II de Norie. ([1])

Attenda se a que N representa na expressão acima a distancia vertical entre o centro do instrumento e o nivel da agua

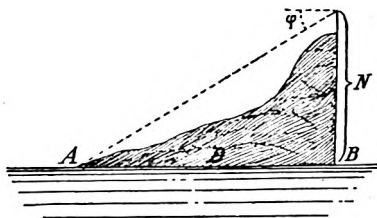



Fig. 140

no momento da observação; se, portanto, nos fôr dada a altitude do ponto de estação (n.º 257,*b*), deveremos applicar a este valor a differença de alturas da agua para a sua posição de nivel medio, e a altura do instrumento.

NOTA.—Se a distancia a avaliar fôr muito grande, dever se-ha attender á refracção terrestre e á curvatura da Terra, começando por determinar uma distancia aproximada, servindo-nos da expressão (16). Obtida ella, a distancia correcta D_c pode ser dada aproximadamente pela formula:

$$D_c = (N - qD^2) \operatorname{cotg} \varphi$$

adeante apresentada (n.º 310).

300—Distancia por angulo para o horisonte.—E' este um dos processos empregados a bordo para determinar a distancia do navio a um alvo que se pretende bater com a artilharia. Pode o methodo ser empregado nas operações de

---

([1]) Entrando com φ como rumo e N como apartamento; o que se encontrar na respectiva columna de differença de latitudes será o valor D pedido.

hydrographia expedita, quer a observação seja feita estacionando em terra ou a bordo.

Chamando N á elevação do instrumento; α ao angulo medido; D á distancia que se pretende, expressa em metros; dp á depressão apparente; n e R respectivamente ao coefficiente de refracção e raio medio da Terra, aquella distancia é dada aproximadamente pela expressão:

$$D = N \operatorname{cotg} \left(\alpha - D \frac{(1-2n)}{2 R \operatorname{sen} 1''} + dp \right)$$

A taboa VI do Appendice resolve essa expressão por uma forma sufficientemente aproximada, suppondo $n = 0.08$ e $R = 6367450^m$.

Exemplo: De uma elevação de 15^m observou-se um angulo de $0°45'$ entre um ponto ao lume d'agua e o horisonte.

A distancia a esse ponto será de 1000^m aproximadamente.

301 — Distancia ao horisonte visivel de um logar. — Conhecida a elevação do observador, ha taboas especiaes, como a XX da collecção de Norie, que nos dão a distancia ao horisonte visivel.

Recorrendo ás mesmas taboas, é facil de obter a distancia a um ponto de cóta conhecida que se vê rasando o horisonte: bastará fazer a somma das distancias correspondentes á elevação do observador e áquella cóta.

Como facilmente se comprehende, os resultados obtidos só são aproximados.

302 — Distancia pela altura angular de um ponto elevado tomada de outro ponto de estação.

a) O ponto, cuja altura angular se observa, está áquem do horisonte visivel correspondente ao logar de observação.

Chamando N' á elevação d'aquelle ponto e α á altura angular medida, a distancia entre os pontos considerados pode exprimir-se por $N' \operatorname{cotg} \alpha$; portanto o valor d'essa distancia, em milhas nauticas, será aproximadamente:

$$K = \frac{\operatorname{cotg} \alpha}{1852} N'$$

sendo N' expresso em metros.

A taboa VII do Appendice dá o factor $\frac{\operatorname{cotg} \alpha}{1852}$ para os differentes valores de α.

Exemplo :

$$\alpha = 1^\circ\ 30'; \ N' = 205^m.$$

Teremos para factor 0.0206 e portanto:

$$K = 0.0206 \times 205^m = 4.22 \text{ milhas aprox.}$$

b) O ponto além do horisonte visivel. A taboa VIII do Appendice resolve a expressão:

$$D = (N' - N) \operatorname{cotg} \left(\alpha + D \frac{(1 - 2n)}{2\, R \operatorname{sen} 1''} - dp \right)$$

applicavel ao caso e em que: N' e N representam respectivamente as elevações do ponto observado e do instrumento; α o angulo medido; dp a depressão apparente; n o coefficiente de refracção e R o raio medio da Terra.

Aquella taboa, suppondo $n = 0.08$ e $R = 6367450^m$, dá-nos os valores das distancias expressas em milhas nauticas.

Exemplo :

$$N' = 3736^m; \ N = 6.^m4; \ \alpha = 1^\circ\ 44'\ 30''.$$

Teremos [1] $dp = 4'\ 30''$ e a taboa VIII dar-nos-ha por uma simples interpolação: K = 56 milhas, aprox.

NOTAS — Quando, em caso excepcionaes, fôr $dp > \alpha$, pode-se obter a distancia K, fazendo o quociente do quadrado da distancia correspondente ao angulo 0° pela distancia correspondente ao angulo $(dp - \alpha)$.

— O processo de determinação da distancia para ponto áquem do horisonte pode dar, em certas circumstancias, grandes erros; convirá, como facilmente se comprehende, procurar sempre fazer a observação proximo do lume d'agua e tanto mais quanto menos affastado fôr o ponto cuja altura angular se observa.

Na maioria dos casos, quando se busque posição para observar ao nivel das aguas, o problema passa a ser resolvido pelo emprego da taboa VIII.

---

(1) Taboa IX do Appendice.

303 — Distancia pelo emprego do som. — Ha instrumentos que servem para auxiliar a operação de determinar rapidamente a distancia aproximada pela observação do tempo que o som leva a percorrer essa distancia. Em artilharia empregam-se telemetros como o de Boulengé [1], que tambem pode ser utilisado em operações expeditas de hydrographia Não havendo taes instrumentos, podem servir os relogios de segundos, devendo então contar-se o numero de pancadas de escapo entre a visão da luz e a audição do som, admittindo 340^m como velocidade d'este, em condições medias de temperatura e pressão, estando tranquillo o ar. Quando se queira uma maior aproximação, empregaremos thermometros e psychrometros nas duas estações extremas, determinando os valores: θ e θ' da temperatura, f e f' da tensão do vapor d'agua, em cada uma d'essas estações, adoptando para velocidade do som o valor V dado pela seguinte expressão:

$$V = 341.^m3 + 0.6058\left(\frac{\theta + \theta'}{2} - 15^\circ\right) + 0.085\,\frac{f + f'}{2}$$

Se houver vento, já o producto IV (sendo I o intervallo, em segundos, entre a visão da luz e a audição do som) não representa a distancia pedida. Teremos evidentemente que applicar a esse valor uma correcção da forma $I\,\omega \cos \alpha$, sendo ω a velocidade do vento e α o menor angulo entre as duas direcções, a do vento e a da distancia a avaliar.

Essa correcção será {addictiva ou subtractiva} segundo o vento {auxiliar ou contrariar} a propagação do som.

O problema pode, finalmente, ser resolvido por uma forma ainda mais aproximada, levando a contagem de segundos até fracções e produzindo sons em ambas as estações extremas. Determinados os intervallos I e I', a distancia será dada pelo valor $\frac{I + I'}{2} V$.

304 — Distancia deduzida das determinações geographicas. — Tem este processo a grande vantagem de dar

---

[1] Consta o telemetro de Boulengé, de um tubo cylindrico de crystal, cheio de benzina rectificada e fechado nas extremidades, dentro do qual se move, pelo proprio peso, um cursôr de prata de diametro pouco menor que o do tubo. Conservando-o horisontalmente na mão, estando o cursôr em zero, e tornando-o vertical no momento em que se vê a luz ou fumo, para lhe dar a posição horisontal quando se ouve o som, lê-se a distancia em que parou o cursôr, sobre a graduação gravada no tubo.

a distancia entre dois pontos que se não vejam reciprocamente, quando as coordenadas geographicas d'esses pontos tenham sido determinadas com todo o rigôr. Com estes elementos se pode calcular o arco de circulo maximo que liga os dois pontos dados, arco cujo comprimento em metros se pode obter, depois de reduzido a segundos, resolvendo a seguinte expressão:

$$D = u'' \rho' \operatorname{sen} 1''$$

sendo ρ' o raio de curvatura da secção normal correspondente á latitude media e u'' o arco em segundos.

305 — Distancia calculada por elementos de triangulação. — Resume-se o processo na resolução dos triangulos rectilineos, que consideramos em substituição dos geodesicos (n.° 250). Em occasião opportuna desenvolveremos o assumpto.

§ 4 — ALGUNS CASOS PARTICULARES A CONSIDERAR NA AVALIAÇÃO DE DISTANCIAS

306 — Reducção de uma linha quebrada horisontal a uma unica linha que una os seus extremos. — Nem sempre é possivel a avaliação directa de uma distancia, havendo necessidade de se exceutarem as avaliações segundo uma linha

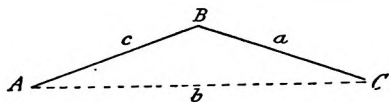



Fig. 141

polygonal. Reduzidas as distancias elementares ao horisonte, e medido o angulo em B, Fig. 141, a distancia horisontal $AC = b$ será dada pela expressão:

$$b = a^2 + c^2 - 2\, ac \cos B$$

Se o angulo B é muito proximo de 180°, poderemos obter a distancia AC resolvendo a expressão:

$$b = (a + c) - \frac{ac\,(\theta \operatorname{sen} 1')^2}{2\,(a + c)}$$

na qual θ representa o valor $180° - B$ expresso em minutos e tendo um valor maximo de 3°.

NOTA. Se ha mais de duas distancias a considerar, reduzem se duas contiguas e depois esta resultante e a terceira, etc., etc., até se obter o valor da linha que fecha a polygonal dada.

307 — Reducção de uma distancia ao nivel das aguas dos oceanos. — Rigorosamente, as medições devem ser consideradas como tendo sido feitas horisontalmente entre as verticaes de pontos terrestres e ao nivel medio das aguas. Ora, pode acontecer que os dois pontos dados tenham grande altitude e n'este caso a distancia obtida terá de soffrer uma correcção da forma:

$$\text{Reducção ao nivel medio} = \frac{D \times \text{altitude}}{\rho'}$$

sendo D a distancia horisontal entre os pontos considerados e ρ' o raio da secção normal no logar.

Em hydrographia, raras vezes haverá necessidade de empregar a formula anterior, porque, além de se não exigir um extremo rigôr nas distancias, mesmo nas fundamentaes, estas são geralmente medidas nas praias.

A uma altitude de 200^m, uma distancia de 500^m teria de ser correcta do valor $0.^m02$ para reducção ao nivel medio.

Capitulo III — Avaliação de altitudes

§ 1 — AVALIAÇÕES FEITAS DIRECTAMENTE

308 — Ideias geraes. — Podem as altitudes, como as distancias, ser obtidas por meios directos e indirectos. Considerados o plano de referencia e o ponto cuja altitude se pretende, os processos *directos* resumem-se na applicação de uma mesma medida vertical e os *indirectos* na resolução de triangulos ou ainda no emprego de instrumentos especiaes em que se faz applicação de certos principios conhecidos.

As avaliações feitas directamente serão estudadas n'este paragrapho e sobre os processos indirectos mais vulgares daremos um breve resumo no paragrapho seguinte; convem, comtudo, antes de entrar propriamente no assumpto, lembrar que, na maioria dos casos, o que primeiramente se obtem é uma *differença de nivel* entre os pontos extremos da medição; a altitude de um ponto só poderá ser conhecida quando seja determinada a posição do nivel medio das aguas e nos casos geraes teremos tambem de attender a correcções especiaes como são: a altura do instrumento empregado, a do topo do signal visado, etc.

309 — Avaliação de altitudes por meios directos. Nivelamento topographico ou geometrico.

a) Empregando uma linha de prumo:—Se quizermos, por exemplo, determinar a cóta de um ponto superior de uma riba bem vertical, bastará suspender uma linha de sondareza bem verificada, de modo a dar a distancia vertical entre o ponto considerado e o nivel das aguas. Para ter a altitude, restará applicar á cóta obtida o valor da differença da altura da agua para o nivel medio.

b) Empregando um nivel d'oculo: —*Nivelamento topographico ou geometrico*. A differença de nivel entre dois pontos A e D, Fig. 142, pode ser obtida fazendo successivas medições como a indicada no n.º 162, tomando pontos intermediarios para estações do nivel. Executado o nivelamento no sentido que a setta nos mostra, se chamarmos L_r, L'_r, L''_r ás leituras na mira

da rectaguarda e L_f, L'_f, L''_f ás correspondentes obtidas na mira da frente, será evidentemente:

$$\Delta n = L_r - L_f + L'_r - L'_f - L''_r - L''_f$$

sendo Δn a differença de nivel pedida. Poderemos escrever de uma maneira geral:

$$\Delta n = \Sigma\ (L_r - L_f) = \Sigma\ L_r - \Sigma\ L_f$$

expressão que nos dá o valor da differença de nivel entre dois pontos, executado um nivelamento composto de diversos nivelamentos topographicos elementares: sommando algebricamente as differenças parciaes de nivel ou totalisando separadamente as leituras da mira da retaguarda e mira da frente e fazendo a differença d'essas sommas. Empregados simultaneamente os dois processos, teremos uma conveniente verificação para os resultados.

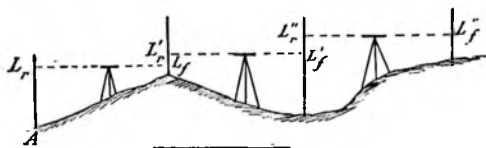



Fig. 142

Um nivelamento composto, para dar todas as garantias de confiança, precisa ser executado nos dois sentidos oppostos e, sendo possivel, procure-se estações differentes para a mira; a differença entre os dois valores obtidos para Δn, por cada kilometro de distancia, não deve ser superior a $\pm$ 0^m.01.

NOTA — O nivelamento topographico ou geometrico é sem duvida o mais rigoroso de todos os processos para determinar differenças de nivel. Nos trabalhos hydrographicos, como em geral se não exige grande rigôr no configurado, é o processo descripto de um uso pouco vulgar, excepto na determinação da differença de nivel entre a referencia de um escala de marés e a propria escala (n.° 209), differença que geralmente se obtem procedendo a um nivelamento topographico.

§ 2 — AVALIAÇÕES FEITAS INDIRECTAMENTE

310 — **Nivelamento geodesico.** — Conhecida a distancia horisontal que separa dois pontos e se de um d'elles fôr observada a distancia zenithal do outro, teremos os necessarios elementos para calcular a differença de nivel entre os pontos considerados. Suppondo em *A*, Fig. 143, por exemplo, a

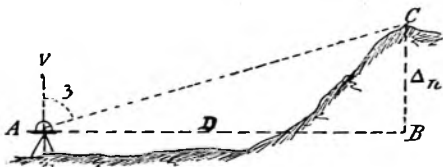



Fig. 143

luneta de um theodolito e observada a distancia zenithal ζ do ponto *C*, a differença de nivel Δn entre *A* e *C* é dada approximadamente pela expressão:

$$\Delta n = D \text{ cotg } \zeta + qD^2 \qquad (17)$$

sendo

$$q = \frac{1 - 2n}{2R}$$

$$n = 0.08 \qquad \text{(para o nosso paiz)}$$

$$R = 6367450^{m}$$

Para se evitarem os effeitos das anomalias da refracção terrestre, são recommendadas as observação reciprocas e simultaneas ou, pelo menos, reciprocas e em identicas condições atmosphericas.

Como bem se comprehende, o nivelamento geodesico tem a grande vantagem de dar facilmente a differença de nivel entre dois pontos muito distantes.

NOTAS. — Se ζ fôr maior que 90° (o que succederia na observação reciproca da indicada na Fig 143, supposto o ins-

trumento em C), o 1.º termo da expressão (17) seria negativo, o que indicava tratar-se de uma depressão.

— Supposto $n = 0.08$, é $log\ q = 2.81929$

— Ha tabellas especiaes, como as devidas ao general Folque, nas quaes se obtem, por um modo simplificado, o termo qD^2.

— Attenda-se ao que dissémos no n.º 308 sobre determinação de altitudes, e para melhor comprehensão d'estes assumptos, daremos os seguintes exemplos:

I — Estacionado um theodolito n'um certo ponto do terreno, determinou-se a distancia zenital do cimo de uma torre distante, obtendo se $\zeta = 88°36'50''$. A distancia horisontal entre a torre e o instrumento era $D = 10530^m$; a altura do theodolito $1,^m52$; e a altura da torre acima da base 25^m. Achar a differença de nivel entre o ponto de estação do instrumento e a base da torre.

$D =$ 10530	$\log D = 4.022428$	$2 \log D = 8.044856$
$\zeta = 88.°36.'50''$	$\log \cot g\, \zeta = 8.383760$	
q (suposto $n = 0.008$)		$\log q = 2.819290$
	2.406188	0.864146

1.º termo	254.79
2.º termo	7.33
Differença de nivel entre o theodolito e o cimo da torre	262.12
Altura do theodolito	+1.52
	263.64
Altura da torre	— 25.00
Differença de nivel pedida (metros)	238.64

II — Considerado ainda o caso do exemplo anterior, se fôr de $10^m.4$ a altitude do ponto de estação, qual a elevação da base da torre sobre o nivel medio das aguas?

Evidentemente $249^m.04$.

311 — Altitude pela depressão do horisonte. — Observando-se com um theodolito a depressão do horisonte de mar, tem-se facilmente a elevação da luneta sobre o nivel das aguas, resolvendo a expressão:

$$N = d_p^2 \frac{\rho / \text{sen}^2 1''}{2(1 - 2n)} \qquad (18)$$

na qual N representa aquella elevação; dp a depressão observada ([1]), expressa em segundos; ρ' o raio da secção normal no logar e n o coefficiente de refracção. Dando a n o valor 0.08 e substituindo ρ' pelo valor medio 6367450^{m} do raio da terra, teremos aproximadamente:

$$\log N = 2 \log dp + 5.94980$$

A taboa IX do Appendice foi construida sobre esses dados.

NOTAS. — Se não ha theodolito e o sol se projecta, em alguma occasião do dia, sobre o horisonte de mar, poderemos, empregando dois sextantes e um horisonte artificial, determinar com uma certa aproximação o valor da depressão, comparando alturas simultaneas do astro tomadas no horisonte de mar e artificial.

— O processo descripto n'este numero é, em geral, pouco rigoroso por depender essencialmente da refracção do horisonte, refracção sujeita a importantes anomalias.

A 100^{m} de elevação, um erro de 0.01 no coefficiente n traduz-se n'uma differença de 4^{m} no resultado Lembremos de novo aqui, o que foi dito no n.º 308 sobre determinação de altitudes.

312 — Altitude por angulo para o horisonte e mastreação. — E' este um dos processos que pode ser empre-

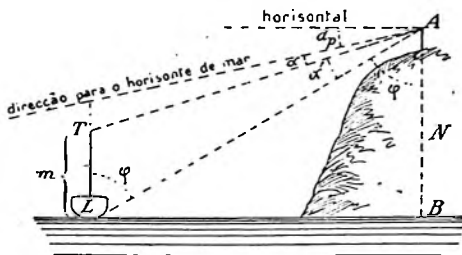



Fig. 144

gado quando não haja possibilidade de medir a depressão apparente por qualquer dos meios indicados no n.º anterior.

Supponhamos, Fig. 144, um navio em L e cuja altura m da

[1] Ou $\zeta - 90°$, quando directamente se obtenha a distancia zenithal do horisonte.

mastreação é conhecida. Querendo determinar a elevação N do ponto A sobre o nivel das aguas, começaremos por arbitrar a N um certo valor; estaremos assim habilitados a resolver a expressão (18), obtendo um valor aproximado da depressão apparente dp. Medidos, com um sextante por exemplo, os angulos α e α', obteremos:

$$\varphi = 90^\circ - (\alpha + \alpha' + dp)$$

Do triangulo TLA tira-se:

$$LA = m \frac{\operatorname{sen}(\varphi + \alpha')}{\operatorname{sen} \alpha'}$$

e do triangulo ALB:

$$N = LA \cos \varphi$$

Se a elevação N assim obtida faz muito differença da arbitrada, repetiremos o calculo.

NOTA: — Conhecidos, no triangulo ALT, os seus angulos e o lado m, estaremos no caso da Fig. 138, podendo obter-se a distancia LA, recorrendo á taboa V do Appendice.

313 — Altitude determinada por angulo de elevação acima do horisonte. — Supponhamos que de um ponto de estação se observava a altura angular de um outro ponto. Conhecida a distancia horisontal entre os dois pontos, poderemos calcular aproximadamente a elevação do segundo ponto, empregando as taboas VII ou VIII, segundo o caso (n.º 302). O problema será inverso do considerado no mesmo numero; dois exemplos bastarão, pois, para completa comprehensão do processo.

a) o ponto, cuja altura angular se observa, está áquem do horisonte visivel correspondente ao ponto de observação.

Exemplo: — Angulo observado 1° 30′; distancia ao ponto elevado 4.22 milhas (n.º 302).

A taboa VII dá n'este caso para factor 0.0206; portanto a elevação d'aquelle ponto terá por valor $\frac{4.22}{0.0206} = 205^m$ approximadamente.

b) O ponto além do horisonte visivel

Exemplo: Elevação do instrumento $6^m.4$; distancia ao ponto

elevado 56 milhas; angulo observado correcto da depressão ([1]) 1° 40′ (n.° 302).

A taboa VIII dá, por uma simples interpolação, 3736^{m}.

NOTA — Veja-se o que sobre o assumpto foi dito nas notas do n.° 302.

314 — Processo stadimetrico. — Empregando a alidade e mira e usando esta normalmente á pontaria (n.° 132), se registarmos o angulo φ de inclinação do eixo optico sobre a

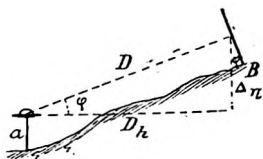



Fig. 145

horisontal, Fig. 145, a differença de nivel entre o traço medio da mira e o centro do instrumento será dada por qualquer das expressões:

$$\left.\begin{array}{l} \Delta n = D \text{ sen } \varphi \\ \text{ou} \\ \Delta n = D_h \text{ tg } \varphi \end{array}\right\} \quad (19)$$

e por fim a differença de nivel entre os pontos A e B do terreno terá por valor:

$$\Delta n \pm a \mp 1^{m}.5 \cos \varphi$$

sendo a a altura em metros do instrumento e correspondendo os signaes {superiores ou inferiores} d'aquelle valor a uma {elevação ou depressão} ([2]).

Quaesquer tabellas de tangentes naturaes, como as de Folque, facilitam a resolução da 2.ª expressão do grupo (19).

A taboa *XXVI* de Norie facilitará a resolução da primeira

([1]) Para corrigir da depressão, podemos servir-nos da taboa IX do Appendice.

([2]) Convirá, no caso da luneta inverter, determinar a inclinação φ por uma dupla medição.

das expressões (19), bem como a determinação do termo $1^m.5 \cos \varphi$.

315 — Nivelamento barometrico. — Para que este processo dê bons resultados, é necessario empregar dois barometros de mercurio, bem comparados e verificados com barometros padrões. Feitas simultaneamente as seguintes observações:

na estação inferior { altura barometrica — H
temperatura do ar — t

na estação superior { altura barometrica — h
temperatura do ar — t'

A differença de nivel Δn entre as duas estações pode ser dada pela seguinte formula, devida a Laplace:

$$\Delta n = 18336^m \; (1 + 0.00265 \cos 2l) \left[1 + \frac{2\,(t + t')}{1000}\right] \log \frac{H}{h}$$

sendo l a latitude. Em virtude das dilatações do mercurio e escala, é necessario applicar ao valor Δn acima obtido, uma correcção da forma: $1^m.3\;(T' - T)$, sendo T e T' as temperaturas dos thermometros adjuntos respectivamente collocados na estação inferior e superior.

Ha taboas especiaes, como as de Sanguet e outras que se encontram no «Annuaire du Bureau de Longitudes», que resolvem a formula de Laplace por uma forma expedita.

Quando não possamos dispôr de barometros de mercurio, a differença de nivel entre dois pontos pode ser obtida empregando os *barometros altimetricos* [1] compensados para a temperatura, convindo então compara-los com um barometro de mercurio, antes e depois da avaliação.

---

[1] São pequenos barometros aneroides, proprios para serem transportados na algibeira e graduados de modo a darem-nos logo a differença de nivel, quando n'uma das estações levemos ao zero o ponteiro. Teem parafuso proprio para a correcção mechanica, quando se notem grandes differenças entre as suas indicações e as de um barometro padrão. Instrumentos delicados como são, exigem grandes cuidados na installação e transporte, sendo necessario preserva-los das rapidas mudanças de temperatura e humidade, evitando os movimentos bruscos.

316 — **Nivelamento hypsometrico.** — Processo em que se usa o *thermometro hypsometrico*, instrumento que, dando-nos indirectamente o valor da pressão no logar em que se encontra, pode substituir com vantagem o barometro de mercurio, de difficil transporte, na avaliação das altitudes. Funda-se o processo no seguinte principio: quando a agua entra em ebullição, a temperatura do seu vapor é tal que a tensão maxima correspondente eguala a pressão exercida sobre o liquido.

Ha taboas especiaes [1] que dão aquellas tensões, entrando com o valor da temperatura do vapor d'agua; portanto, se ao ar livre determinarmos com o thermometro a temperatura da ebullição da agua, facil será obter a pressão no logar. Em Portugal, as primeiras avaliações de altitudes foram feitas utilisando o processo descripto, processo que raras vezes poderá ser empregado a bordo por falta de instrumento proprio.

---

[1] O «Curso de Topographia» de Mendes d'Almeida e Rodolpho Guimarães insere essas taboas.

Capitulo IV. — Determinação das coordenadas dos vertices de uma triangulação

§ 1. — TRIANGULAÇÕES

317 — Cadeias e redes de triangulos. — Como veremos mais adeante, constitue uma das primeiras operações a executar n'um levantamento, a escolha de pontos para vertices

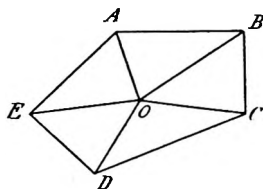



Fig. 146

de triangulos (n.º 256) sobre os quaes recahem as medições de distancias angulares e lineares que ha a fazer. Se esses pontos são escolhidos, como se indica na Fig. 146, em torno de um ponto central, forma-se o que se chama uma *rede;* se

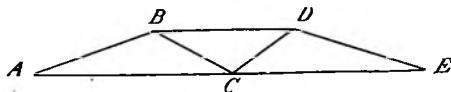



Fig. 147

a escolha, porém, adopta pontos como *A*, *B*, *C*, *D*, *E* da Fig. 147, teremos a chamada *cadeia.*

Em hydrographia ha geralmente só a considerar as cadeias de triangulos ao longo do littoral; de resto, a rede não é mais

do que um aggregado de cadeias e assim é mesmo conveniente considera-la e conduzir o seu desenvolvimento.

Sempre que seja possivel, é de muita vantagem que esses triangulos, formando as cadeias, sejam dispostos n'uma sequencia de quadrilateros; as verificações fazem-se então mais facilmente, bem como as compensações dos erros de observação. Na cadeia representada na Fig. 148, vemos os quadrilateros *ABCD, EADF, GEFH.*

318 — Triangulações de differentes ordens. — Os maiores triangulos em que se pode dividir o terreno são chamados de *primeira ordem* ou *fundamentaes.*

Os outros triangulos formam a *triangulação secundaria*, a qual pode ser composta de triangulos de 2.ª 3.ª, 4.ª etc., or-

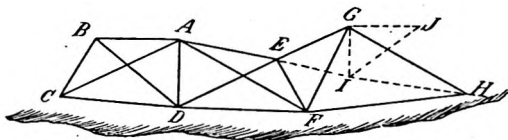



Fig. 148

dem: os de 2.ª apoiando se sobre um lado de triangulo de primeira ordem; os de 3.ª sobre um de 2.ª e assim successivamente. Na Fig. 148, vemos:

Triangulos de primeira ordem...... *FEG, FGH* etc.
» » segunda » ...... *IGE, IHG*
» » terceira » ...... *JGI*

319 — Ideias sobre as condições de grandeza e forma dos triangulos. — A analyse ensina que ha vantagem em que a triangulação fundamental seja formada por grandes triangulos; mas as deficiencias dos signaes, o pequeno alcance das lunetas dos goniometros, as circumstancias orographicas e a escala adoptada no desenho, estabelecem limites praticos a esses preceitos da theoria.

Quanto á forma, como na resolução dos triangulos considerados ha, geralmente, um lado conhecido, a condição mais favoravel seria a do perpendicularismo dos lados a determinar; mas tal condição obrigaria a dar aos lados dimensões inadmissiveis e impediria de passar além de uma área limitada, em volta do lado conhecido. Por essas razões é preferida a forma equilatera, attendendo-se assim simultaneamente á melhor dis-

tribuição dos erros commettidos e ao seguimento da triangulação.

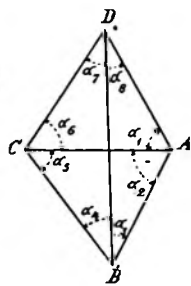
Em virtude das considerações feitas, estabelecem-se as seguintes regras para a escolha dos vertices de uma triangulação de qualquer ordem:

1.ª Os pontos escolhidos para vertices serão em geral os mais elevados do terreno, afim de se avistarem uns dos outros ([1]).

2.ª O comprimento maximo dos lados deve ser inferior a $\frac{E}{tg\,\beta}$, sendo E o erro maximo linear que na escala adoptada não é sensivel ([2]) e β o erro angular maximo que o instrumento pode dar.

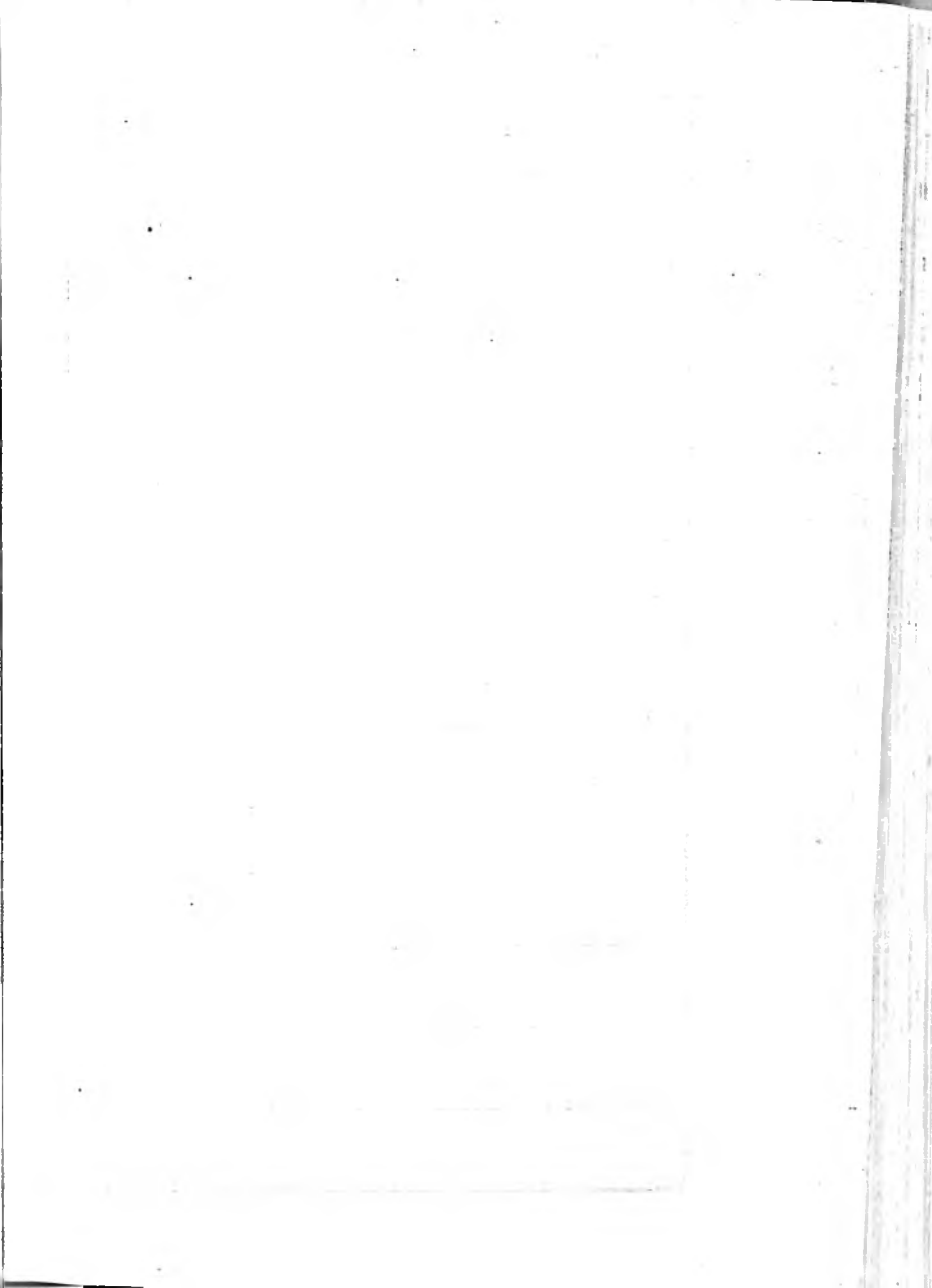
3.ª Os triangulos formados devem, quanto possivel, aproximar-se da forma equilatera.

4.ª Escolher, quanto possivel, para vertices pontos de onde se possa observar, afim de evitar o trabalho das reducções ao centro da estação (n.º 75).

320 — Resolução dos triangulos de uma triangulação. — Como dissemos no n.º 256, substituem-se, em hydrographia, os triangulos geodesicos por outros rectilineos cujos angulos são os rectilineos dos diedros dos triangulos esphericos suppostos traçados sobre a superficie da Terra; mas observados nos tres vertices, A, B e C de um triangulo considerado, os angulos A, B e C ou feitas as reducções, quando as observações sejam executadas fóra do centro (n.º 75), a somma dos tres angulos obtidos não é egual exactamente a 180°. Essa differença provêm do excesso espherico e muito principalmente dos erros de observação e como aquelle é de pequena importancia, admitte-se na pratica que a differença $180° - (A + B + C)$ é exclusivamente devida áquelles erros; e como, geralmente, as observações dos angulos A, B e C são feitas em egualdade de circumstancias de observador, instrumento e methodo de medição, pode-se suppôr que as tres medições são dadas com o mesmo grau de precisão e, portanto, terá aquella differença de ser distribuida egualmente pelos tres angulos.

Obtidos assim os angulos compensados, e como a resolução

([1]) Havendo a estabelecer triangulação de ordem inferior, é necessario que dos vertices escolhidos se avistem os pontos para aquella triangulação.

Um exame feito do mar é um grande auxiliar na escolha das posições, pois que devem ser preferidas, sempre que seja possivel, aquelles pontos que sejam boas referencias para a navegação.

([2]) Segundo o que dissemos no n.º 277, será $E = + 0.0002\,m$, sendo $\frac{1}{m}$ a escala adoptada.

Equações	Angulos	I Angulos medidos	II 1.ª Compensação	III —	IV 2.ª Compensação
A+B+C+D=360°	A B C D	(1) 72° 43′ 35″ 137 42 23 97 27 00 52 07 30 360 00 28 — 7	(2) 43′ 28″ 42 16 26 53 7 23 0	(15) 43′ 23″ 42 18 26 52 7 19 59 52 8 +2	(16) 43′ 25″ 42 20 26 54 7 21 0
α_3+A+α_8=180°	α_3 A α_8	(3) 68 57 22 72 43 35 38 19 15 180 00 12 — 4	(4) 57 18 43 31 19 11 0	(17) 57 18 43 25 19 11 59 54 6 +3	(18) 57 21 43 25 19 14 0
α_2+B+α_5=180°	α_2 B α_5	(5) 11 3 22 137 42 23 31 12 30 179 58 15 1 45 + 35	(6) 3 57 42 58 13 5 0	(19) 3 57 42 20 13 5 59 22 38 +19	(20) 4 16 42 20 13 24 0
α_4+C+α_7=180°	α_4 C α_7	(7) 68 45 8 97 27 00 13 48 15 180 00 23 — 8	(8) 45 0 26 52 48 8 0	(21) 45 0 26 54 48 8 2 —1	(22) 44 59 26 54 48 7 0
α_1+D+α_6=180°	α_1 D α_6	(9) 61 40 8 52 7 30 66 14 30 180 00 8 — 43	(10) 30 26 6 47 13 47 0	(23) 30 26 7 21 13 47 31 —17	(24) 30 9 7 21 13 30 0
A=α_1+α_2	α_1 α_2		(11) 30 26 3 57 43 23		(25) 39 9 4 16 43 25
B=α_3+α_4	α_3 α_4		(12) 57 18 45 0 42 18		(26) 57 21 44 59 42 20
C=α_5+α_6	α_5 α_6		(13) 13 5 13 47 26 52		(27) 13 24 13 30 26 54
D=α_7+α_8	α_7 α_8		(14) 48 8 19 11 7 19		(28) 48 7 19 14 67 21

Valores definitivos

α_1 = 61° 39′ 9″

α_2 = 11 4 16

α_3 = 68 57 21

α_4 = 68 44 59

α_5 = 31 13 24

α_6 = 66 13 30

α_7 = 13 48 7

α_8 = 38 19 14

dos triangulos exige o conhecimento do valor de um lado pelo menos, valor cuja determinação será estudada no n.º seguinte, o problema ficará reduzido ao emprego das formulas trigonometricas proprias.

Quando a triangulação se desenvolva em quadrilateros (n.º 317), suppondo ainda o caso de as observações serem egualmente precisas, poderemos proceder a uma rigorosa compensação, de modo a serem satisfeitas as equações:

$$A + B + C + D = 360^\circ \qquad (X)$$

$$\alpha_3 + A + \alpha_8 = \alpha_2 + B + \alpha_5 = \alpha_4 + C + \alpha_7 = \alpha_1 + D + \alpha_6 = 180^\circ \qquad (Y)$$

$$A = \alpha_1 + \alpha_2 \;;\; B = \alpha_3 + \alpha_4 \;;\; C = \alpha_5 + \alpha_6 \;;\; D = \alpha_7 + \alpha_8 \qquad (Z)$$

tomados os angulos do quadrilatero representado na figura do quadro annexo.

E' facil de perceber como se opéra:

— Na columna I são escripturados os angulos obtidos pelas reiterações.

— Na columna II são aproveitados os rectangulos (2), (4), (6), (8) e (10) para a primeira compensação, distribuindo-se as differenças, em partes eguaes, pelos respectivos angulos, de modo a serem satisfeitas as equações (X) e (Y) do grupo acima. Nos rectangulos (11), (12), (13) e (14), tomando os angulos obtidos pela primeira compensação, vamos reconhecer se se verificam as equações (Z). Se isto se dêr, teremos concluido a compensação; no caso contrario proseguiremos.

— Na columna III: o rectangulo (15) servirá para escripturar os valores de *A*, *B*, *C* e *D* obtidos em (11), (12), (13) e (14); os angulos novamente compensados irão para a casa (16) na columna IV. Nos rectangulos (17), (19), (21) e (23) escripturaremos os ultimos valores compensados, isto é, para *A*. *B*, *C*, *D*, os do rectangulo (16); para α_1, $\alpha_2 \ldots$, α_8, os correspondentes da columna II.

— Na columna IV é feita a segunda compensação, devendo attender-se a que, para os triangulos, essa compensação vae somente affectar os angulos α_3 e α_8, α_4 e α_5 etc. etc., isto é, as differenças são apenas distribuidas em duas partes eguaes. Nos rectangulos (25), (26), (27) e (28), verificaremos se são satisfeitas as equações *(Z)*. No caso de isto se não dar, proseguiremos por forma analoga á anteriormente descripta, até se obter a completa satisfação de todas as equações acima ou, pelo menos, até chegar a resultados muito aproximados.

NOTAS. — No quadro apresentado, chegou-se, como se vê, a resultados exactos no fim da segunda compensação.

— A numeração dos rectangulos indica-nos a ordem das operações.

— Obtidos os angulos definitivos e conhecido um dos lados do quadrilatero, estaremos habilitados a achar os valores dos outros lados e diagonaes, podendo mesmo estabelecer verificações de calculo, considerados os quatro triangulos em que podemos suppôr decomposto o polygono.

321 — Medição de uma base e sua ligação com a triangulação.—Para que possamos resolver os triangulos de uma cadeia ou rede, torna-se necessario conhecer o valor de um dos lados do triangulo considerado. A medição d'esse lado tornar-se-hia, geralmente, morosa e por vezes muito errada, sobretudo se houvesse a operar em terreno accidentado; por isso se procura proceder a uma medição em terreno mais proprio e comprehendendo uma menor extensão, ligando depois o comprimento medido — a chamada *base* — a um lado fundamental, por meio de uma triangulação supplementar.

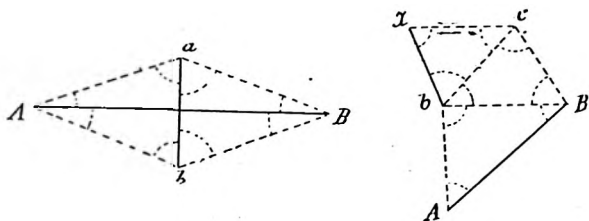



Fig. 149

A Fig. 149 apresenta dois exemplos d'essa ligação feita por triangulos quanto possivel, bem conformados. *AB* é o lado da triangulação fundamental e *ab* a base medida.

No 1.º exemplo, executada a medição *ab* por qualquer dos processos conhecidos e estacionando o goniometro em cada um dos pontos *A*, *a*, *B*, *b*, para medição dos angulos indicados na respectiva figura, teremos, depois de feita a compensação dos angulos [1], de resolver os triangulos *Aab* e *aBb*, nos

[1] Considerado o quadrilatero *AaBb*, veja-se o que foi dito no n.º 320 quando se queira uma mais rigorosa compensação.

quaes se conhece o lado *ab*. Por fim, as resoluções dos triangulos *AaB* e *AbB* darão dois valores para *AB*.

No 2.º exemplo, a escolha conveniente de um ponto *c*, de modo a serem obtidos triangulos bem conformados, levar-nos-ha á determinação do valor de *AB*, medidos e compensados os angulos que na figura respectiva se indicam. Bastará, como facilmente se comprehende, começar pela resolução do triangulo *abc*, no qual é conhecido o lado *ab* (base medida), seguindo-se as resoluções dos triangulos *cbB* e *BbA*.

322 — Base de verificação.—Sempre que seja possivel, é muito conveniente, no extremo da triangulação opposto áquelle em que se mediu a base fundamental, proceder á medição de uma outra base chamada de *verificação*, afim de ajuizar do rigôr com que foi executado todo o trabalho anterior relativo aos triangulos da triangulação adoptada. Medida esta ultima base, seguido o mesmo processo que se empregou na medição da fundamental, e ligada áquella com um dos lados da triangulação, verificaremos assim se a extensão obtida se aproxima do valor que o calculo anterior nos fornece para esse mesmo lado.

Nas triangulações rigorosas, qualquer pequena differença encontrada é distribuida convenientemente por todos os lados da triangulação. o que obriga a penosos trabalhos de calculo pelo methodo dos menores quadrados; em hydrographia não será preciso, em geral, executar esses calculos, servindo-nos a base de verificação apenas para ajuizar da exactidão do trabalho fundamental.

323 — Determinação do azimuth de um lado da triangulação.—Para que no desenho possamos orientar convenientemente toda uma triangulação feita, é necessario determinar o azimuth de um dos lados d'essa triangulação, ficando, como veremos, as orientações dos demais lados definidas pelo valor dos angulos medidos entre todos os lados.

E' com o auxilio dos goniometros e recorrendo, geralmente, ás observações astronomicas que se obtem o valor d'aquelle primeiro azimuth; por isso reservamos para o *Livro III*, onde são tratadas aquellas observações, o necessario estudo do assumpto.

§ 2 — DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DOS VERTICES DA TRIANGULAÇÃO

324 — Calculo das coordenadas rectangulares. — Supponhamos concluida a resolução dos varios triangulos de uma triangulação, bem como conhecido o azimuth geodesico

de um lado (n.º 323). Seja, Fig. 150, OB esse lado a que corresponde o azimuth Z_{OB}.

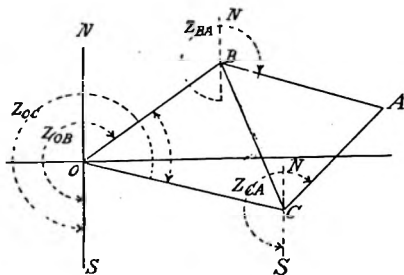



Fig. 150

Tomando o vertice O como origem de eixos rectangulares, orientemos esses eixos pelo valor Z_{OB} conhecido.

Chamemos $\begin{cases} M_A \\ M_B \\ M_C \end{cases}$ e $\begin{cases} P_A \\ P_B \\ P_C \end{cases}$ respectivamente ás distancias á meridiana e á perpendicular dos pontos $\begin{cases} A \\ B \\ C \end{cases}$; será evidentemente, no caso da Fig. 150:

Coordenadas do ponto B

$$\begin{matrix} M_B = OB \text{ sen } Z_{OB} \\ P_B = OB \cos Z_{OB} \end{matrix} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; Z_{OB} \text{ conhecido}$$

Coordenadas do ponto C

$$\begin{matrix} M_C = OC \text{ sen } Z_{OC} \\ P_C = OC \cos Z_{OC} \end{matrix} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; Z_{OC} = Z_{OB} + BOC$$

Coordenadas do ponto A

$$\text{por } B \begin{cases} M_A = BA \text{ sen } Z_{BA} + M_B \\ P_A = BA \cos Z_{BA} + P_B \end{cases} \ldots Z_{BA} = Z_{OB} + 180^\circ - OBA$$

$$\text{por } C \begin{cases} M_A = CA \text{ sen } Z_{CA} + M_C \\ P_A = CA \cos Z_{CA} + P_C \end{cases} \ldots Z_{CA} = Z_{OC} - (180^\circ - OCA)$$

NOTAS. — Aos vertices assim determinados se chamam *pontos trigonometricos.*

— Na determinação das coordenadas do ponto A por $\begin{cases} B \\ \text{ou} \\ C \end{cases}$, o problema resume-se em calcular primeiro as coordenadas do mesmo ponto referidas a eixos passando por $\begin{cases} B \\ \text{ou} \\ C \end{cases}$ e suppôr depois uma substituição de eixos orthogonaes por outros parallelos aos primeiros (n.º 283 *a*).

— A media dos valores de M_A e P_A, obtidos por B e C, será o valor adoptado.

— Quando haja muitos triangulos, é conveniente seguir-se uma resolução methodica. Sobre o assumpto serão dados alguns esclarecimentos no capitulo relativo aos trabalhos de hydrotopographia regular.

325 — Calculo das coordenadas geographicas. — Determinadas, por meio de observações astronomicas ou quaesquer outras, as coordenadas geographicas de um dos vertices de uma triangulação, poderemos obter os valores d'essas coordenadas correspondentes a outros vertices, procedendo por qualquer dos meios que passamos a indicar.

1.º) *Pelo conhecimento da grandeza dos lados e azimuths dos mesmos lados.* Supponhamos, Fig. 151, conhecidas as coordenadas geographicas $\begin{cases} l_0 \\ L_0 \end{cases}$ de um vertice A, bem como o azimuth Z_{AB} do lado $AB = D$, lado tambem conhecido.

Fig. 151

Chamaddo l_1 e L_1 á latitude e longitude do ponto B, são as seguintes as expressões que dão os valores das differenças de coordenadas e dos azimuths reciprocos:

$$\left.\begin{aligned} l_0 - l_1 &= \left(u'' \cos Z_{AB} + \frac{u''^2}{2} \operatorname{sen} 1'' \operatorname{sen}^2 Z_{AB} \operatorname{tg} l_0\right)\left(1 + e^2 \cos^2 l_0\right) \\ L_0 - L_1 &= u'' \operatorname{sen} Z_{AB} \sec l_1 \\ Z_{AB} - Z_{BA} &= \pm 180^\circ + \left[(L_0 - L_1) \operatorname{sen} \frac{l_0 + l_1}{2} \right] \end{aligned}\right\} \quad 20$$

representando u'' o valor da distancia D expressa em segun-

dos d'arco, isto é: $u'' = \frac{D}{\rho' \operatorname{sen} 1''}$ (n.º 304) e e a excentricidade do ellipsoide terrestre.

NOTAS — O termo que na ultima expressão mettemos entre chavetas representa a convergencia de meridianos (n.º 255).

— Na resolução das formulas do grupo (20) attenda-se: aos signaes de sen Z_{AB} e cos Z_{AB}; e ás regras expostas no n.º 255.

2.º) *Pelo conhecimento das coordenadas rectangulares.*

a) *processo rigoroso.* Chamando ainda $\left\{ \begin{matrix} l_0 \\ L_0 \end{matrix} \right.$ ás coordenadas geographicas do ponto A, Fig. 151, coordenadas que se suppõem conhecidas e se forem M_1 e P_1 respectivamente as distancias á meridiana e á perpendicular correspondentes ao ponto B e referidas a eixos passando por A, os valores de l_1 e L_1 serão dados pelas seguintes expressões:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= \left[l_0 - \frac{P_1}{\rho \operatorname{sen} 1''} - \frac{3e^2 \operatorname{sen} 2l_0 P_1{}^2}{4(1-e^2)\rho\rho' \operatorname{sen} 1''} \right] - \frac{M_1{}^2 \operatorname{tg} \varphi}{2\rho'^2 \operatorname{sen} 1''} (1 + e^2 \cos \varphi) \\ L_1 &= L_0 + \frac{M_1}{\rho' \operatorname{sen} 1'' \cos l_1} \end{aligned} \right\} 21$$

sendo: φ o valor dos termos entre chavetas; ρ e ρ' respectivamente os valores dos raios de curvatura do meridiano e secção normal; e e a excentricidade do ellipsoide terrestre (n.º 252). Para facilitar a resolução das formulas (21) ha tabellas especiaes, como as de Folque.

b) *processo aproximado.* Adoptando as mesmas designações e representando por dl e dL respectivamente a differença de latitudes e a de longitudes entre os pontos A e B, facil é deduzir as seguintes formulas, nas quaes se attende á grandeza do minuto do meridiano e parallelo (n.º 254):

$$\left. \begin{aligned} dl &= \frac{10800 \, P_1}{\pi \rho} \\ dL &= \frac{10800 \, M_1}{\pi \rho'} \sec l_0 \end{aligned} \right\} (22)$$

Para conveniente applicação dos valores obtidos ás coordenadas l_0 e L_0, attenda-se, pelos signaes de M_1 e P_1, ao quadrante em que se encontra o ponto B.

E' o processo *b*) aquelle que mais vulgarmente se emprega nos usos da hydrographia, por ser o mais simples, dando comtudo a sufficiente aproximação, visto tratar-se, em geral, de distancias relativamente pequenas.

Exemplo:

Conhecidas as coordenadas geographicas $\left\{ \begin{array}{l} l_0 = 15^\circ\ 13'\ S \\ N_0 = 12^\circ\ \ 9'\ WG \end{array} \right.$ *de um ponto A e as rectangulares* $\left\{ \begin{array}{l} M_1 = -5364^m.6 \\ P_1 = -7120^m.9 \end{array} \right.$ *de um ponto B, referidas a eixos passando por A; achar as coordenadas geographicas do ponto B.*

Pelos signaes das coordenadas, se conclue que o ponto B está no quadrante de NE (n.º 282).

	$\log 10800 = 4.033424$	$= 4.033424$
$M_1 = -5364.6$		$\log M_1 = 3.729538$
$P_1 = -7120.9$	$\log P_1 = 3.852535$	
	$\text{colog}\ \pi = 9.502850$	$= 9.502850$
Taboa III....	$\text{colog}\ \rho = 3.197470$	$\text{colog}\ \rho' = 3.195198$
$l_0 = 15.^\circ\ 13.'$		$\log \sec l_0 = 0.015500$
	0.586279	0.476510

$dl = 3.'857 <> 3'\ 51''$: N		$dL = 2.'996 <> 3'\ 00''$: E	
$l_0 =$	$15.^\circ\ 13'\ 00''\ S$	$L_0 =$	$12^\circ\ 9'\ 00''\ W.\ G$
$l_1 =$	$15.^\circ\ 9'\ 9''\ S$	$L_1 =$	$12^\circ\ 6'\ 00''\ W.\ G$

Capitulo V — Problema dos dois angulos

§ 1 — RESOLUÇÃO NUMERICA

326 — Generalidades.—O problema, que tem por fim determinar a posição de um ponto de onde foram observados dois angulos entre outros tres pontos de posição conhecida, é de grande importancia em hydrographia, merecendo ser tratado em capitulo especial, como fazemos. Vulgarmente é um tal problema conhecido pelo nome de *problema dos tres pontos ou de Pothenot;* mas, como é mais geral a denominação aqui adoptada, por melhor se adaptar aos multiplices casos que se podem dar na pratica, conservaremos essa denominação n'este curso de hydrographia.

Pode o problema ser resolvido *numerica* ou *graphicamente*, havendo a distinguir, n'este ultimo modo, as chamadas resoluções *mechanicas* das *geometricas*.

327 — Processo de Brito Limpo. — Por varios mo

Fig. 152

dos tem sido proposta a resolução numerica do problema dos dois angulos. Citaremos o processo de Brito Limpo, apresentando as formulas a empregar e estabelecendo as necessarias regras a observar nas respectivas resoluções.

Supponhamos, Fig. 152, E, C e D os tres pontos de posição conhecida e determinada pelos valores das suas respectivas coordenadas referidas a eixos passando pelo ponto O. Imaginemos ainda que no ponto A foram observados os angulos e e d representados na figura. Consiste o processo na determinação das coordenadas rectangulares do ponto A referidas aos mesmos eixos, conhecidos os elementos que atraz citámos.

Procede-se á resolução, seguindo a ordem que indicamos:

1.º *Calculo dos angulos Z e Z'*. São as seguintes formulas a empregar:

$$\operatorname{tg} Z = \frac{M_C - M_E}{P_C - P_E}$$

$$\operatorname{tg} Z' = \frac{M_C - M_D}{P_C - P_D}$$

— Esses angulos Z e Z' são sempre tomados como positivos e comprehendidos entre 0° e 90°, quaesquer que sejam os signaes de $M_C - M_E$, $M_C - M_D$, $P_C - P_E$ e $P_C - P_D$.

2.º *Calculo das distancias $EC = a$ e $CD = b$:*

$$a = \frac{M_C - M_E}{\operatorname{sen} Z} = \frac{P_C - P_E}{\cos Z}$$

$$b = \frac{M_C - M_D}{\operatorname{sen} Z'} = \frac{P_C - P_D}{\cos Z'}$$

As expressões em que entra o seno de Z ou Z' são empregadas nos casos de ser Z ou $Z' > 45°$. Quando Z ou $Z' < 45$, empregam-se as expressões em que entra o valor do coseno do angulo considerado.

— As distancias a e b são sempre tomadas positivamente.

3.º *Calculo dos azimuths geodesicos Z_{CE} e Z_{CD} respectivamente de E e de D vistos de C.* Para obter esses valores, recorramos ao quadro seguinte, no qual se encontram as expressões que ligam aquelles valores aos dos angulos Z e Z', segundo o signal das differenças de distancias á meridiana e á perpendicular.

	$M_C - M_E$ ou $M_C - M_D$	
	+	**—**
$P_C - P_E$ ou $P_C - P_D$ **+**	$Z_{CE} = 180^\circ + Z$ $Z_{CD} = 180^\circ + Z'$	$Z_{CE} = 180^\circ - Z$ $Z_{CD} = 180^\circ - Z'$
$P_C - P_E$ ou $P_C - P_D$ **—**	$Z_{CE} = 360^\circ - Z$ $Z_{CD} = 360^\circ - Z'$	$Z_{CE} = Z$ $Z_{CD} = Z'$

— Aos azimuths Z_{CE} e Z_{CD} correspondem sempre valores positivos.

4.° *Calculo dos angulos E e D:*

$$m = 180^\circ - (C + e + d)$$
$$\text{tang } \varphi = \frac{a \text{ sen } d}{b \text{ sen } e}$$
$$\text{tg } n = \text{tg } m \text{ cotg } (45^\circ + \varphi)$$
$$E = m + n$$
$$D = m - n$$

— O angulo $C = ECD$ é sempre considerado positivo; $C + e + d$ nunca é superior a 360°.

— Os valores m, n e φ representam angulos auxiliares: m é sempre tomado positivamente e nunca maior que 180°; n será positivo ou negativo conforme os signaes de tg m e cotg $(45^\circ + \varphi)$; φ é sempre tomado positivamente e inferior a 90°

— Os angulos E e D são sempre considerados positivos.

5.° *Calculo dos angulos θ e θ':*

$$\theta = 180^\circ - (E + e)$$
$$\theta' = 180^\circ - (D + d)$$

— Os angulos θ e θ' são sempre considerados positivos e a sua somma sempre egual a C.

6.º — *Calculo das distancias AE, AC e AD.*

$$AE = \frac{a \operatorname{sen} \theta}{\operatorname{sen} e}$$

$$AC = \frac{a \operatorname{sen} E}{\operatorname{sen} e} = \frac{b \operatorname{sen} D}{\operatorname{sen} d}$$

$$AD = \frac{b \operatorname{sen} \theta'}{\operatorname{sen} d}$$

— Os valores AE, AC e AD são sempre considerados positivos.

7.º *Calculo dos azimuths geodesicos Z_{EA}, Z_{CA} e Z_{DA} do ponto A visto respectivamente dos pontos E, C e D.*

Com os elementos já conhecidos Z_{EE}, Z_{EE}, E, D, θ e θ', facil será determinar os valores dos azimuths geodesicos pedidos.

8.º *Calculo das coordenadas rectangulares do ponto A referidas a systemas de eixos tendo por origens os pontos E, C e D.* — Conhecidos já os azimuths Z_{EA}, Z_{CA} e Z_{DA}, bem como os lados EA, CA e DA, estaremos habilitados a determinar aquellas coordenadas.

9.º *Calculo das coordenadas rectangulares do ponto A referidas á origem O.* — Conhecidas as coordenadas do ponto A referidas a systemas de eixos tendo por origens os pontos E, C e D e dadas as distancias á meridiana e á perpendicular correspondentes a estes pontos, considerada a origem em O, a questão resume-se n'uma substituição de eixos orthogonaes por outros parallelos aos primeiros (n.º 283, *a*). Assim se obteem tres valores para M_A e outros tres para P_A, valores que devem differir muito pouco entre si; a sua media dará o valor a adoptar.

NOTA. — E' moroso, sem duvida, o calculo feito pelo processo apresentado; mas tal processo tem a grande vantagem de permittir a determinação de um ponto, só com uma estação do theodolito, havendo assim um grande aproveitamento de tempo. E', sobretudo, na determinação de pontos trigonometricos complementares para a topographia ou hydrographia, quando os trigonometricos não bastem, que o processo apresentado tem vantajosa applicação.

§ 2 — RESOLUÇÕES GRAPHICAS

328 — Resolução mechanica propriamente dita. — Como solução mechanica, pode-se considerar a que é feita recorrendo aos transferidores (n.os 231 e seguintes).

Já foi exposto no n.º 234 o modo de usar os transferidores duplos de metal n'este problema; intuitivo é tambem o emprego dos outros para o mesmo fim.

329 — Resoluções geometricas.

1.º) *Pelo processo usual (segmentos capazes)*. Sejam, Fig. 153, *E*, *C* e *D* os pontos de posição conhecida e entre os quaes foram observados os angulos *e* e *d*. A posição do ponto *A* de observação pode ser obtida, construindo sobre *EC* e *CD* os segmentos capazes dos angulos *e* e *d*, como se indica na figura.

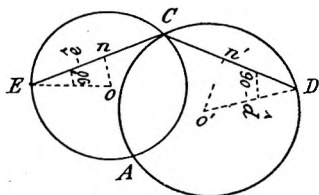



Fig. 153

Se, pela pequenez de qualquer dos angulos observados, fôr mal definido o encontro da recta *OE* ou *O'D* com a perpendicular ao meio de *CE* ou *CD*, poderemos precisar a posição do centro *O* ou *O'*, recorrendo a rectas partindo de *C* e inclinadas sobre *CE* ou *CD*, respectivamente dos angulos 90° — *e* ou 90° — *d*.

Se ainda, como se vê na Fig. 154, a intersecção dos arcos de circumferencia se faz em más condições, poderemos entrar em consideração com um terceiro segmento: o capaz de um angulo egual a $e + d$.

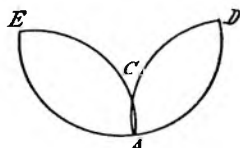



Fig. 154

O novo arco $\widehat{EAD}$ precisará a anterior intersecção.

NOTAS. — Da Fig. 153 se tira:

$$On = \frac{EC}{2} \operatorname{cotg} e$$

$$OE = \frac{EC}{2} \operatorname{cosec} e$$

formulas que nos poderão servir para determinar, com todo o rigôr, a posição do centro *O* sobre a perpendicular *On* ou raio *OE*.

O calculo do raio OE é preferivel para um caso isolado, dispensando-nos o traçado da perpendicular On.

A determinação do valor On é recommendada nos casos em que haja a fazer traçados para determinação de varias posições, sendo sempre observado o angulo entre os pontos E e C.

2) *Resolução geometrica sem compasso.* Levantando em E e D, Fig. 155, perpendiculares respectivamente a CE e CD;

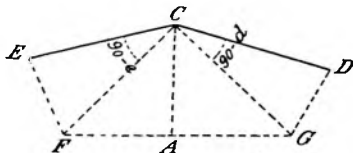



Fig. 155

traçando rectas CF e CG inclinadas sobre CE e CD dos angulos $90° - e$ e $90° - d$; unindo os pontos F e G; e baixando, por ultimo, a perpendicular CA a FG, o pé d'essa perpendicular será a posição pedida.

3) *Processo das tangentes (de Campos Rodrigues).* E' este

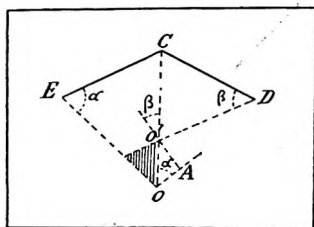



Fig. 156

processo applicavel aos trabalhos de prancheta, resolvendo graphicamente o seguinte problema: — Suppostos tres pontos do terreno rigorosamente representados no papel da prancheta, determinar a posição d'um quarto ponto em que se estaciona.

Sejam, Fig. 156, E, C e D as tres posições correspondentes aos pontos E_1, C_1 e D_1 do terreno.

Querendo marcar na prancheta a posição de um quarto ponto A correspondente ao de estação do instrumento, comece-se por orientar a prancheta o melhor possivel, quer por

meio de uma declinatoria, quer pelo conhecimento aproximado da posição. Espetadas agulhas nos pontos E, C e D, encoste-se a alidade a cada uma d'ellas, dirigindo a pontaria respectivamente para os pontos E_1, C_1 e D_1 do terreno e traçando a lapis as direcções.

Se estas se cruzam em um ponto commum, é esse o homologo da estação da prancheta; mas se, por effeito de uma desorientação, as tres linhas não concorrem n'um ponto, forma-se um pequeno triangulo, como o que a tracejado se indica na figura. Se, então, sobre OC e nos pontos O e O' de cruzamento da direcção central com as direcções esquerda e direita, construirmos angulos eguaes a α e β, tomando α para a direita e β para a esquerda, obteremos duas linhas cujo cruzamento A nos dá aproximadamente a posição pedida. Ajustando então a alidade n'este ponto e em um dos dados, rectificaremos a orientação da prancheta e repetiremos o processo, traçando as duas

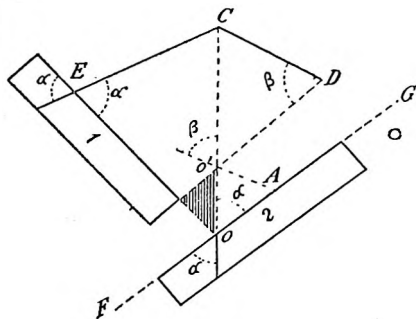



Fig. 157

novas direcções restantes. Se estas não concorrerem ainda no ponto achado, o erro ficará no emtanto muito reduzido e rarissimas vezes será preciso recorrer a outra tentativa.

O modo de operar rapidamente na pratica consiste, depois de ter as tres direcções, em applicar uma tira de papel ao longo de EO, Fig. 157, prolongando sobre ella a direcção CE; levar a tira á posição 2, de modo que o traço sobre ella feito fique no prolongamento de CO; traçar a lapis a linha FG; repetir analogamente as operações com o lado DO' e angulo β, obtendo-se por fim o cruzamento A.

NOTA. — Este processo, além de ser muito pratico, tem tambem a grande vantagem de dar claramente á vista o prin-

cipal criterio por onde se julga da bôa determinação de um ponto pela observação dos dois angulos: o modo como se interceptam os segmentos capazes, intersecção tanto melhor definida quanto mais normalmente se der o córte dos arcos, arcos que na resolução apresentada suppomos substituidos pelas respectivas tangentes.

4.) *Processo para casos particulares.*

a) *Um dos angulos é um azimuth.* — Supponhamos, Fig. 158, medido o angulo e entre os pontos E e C, bem como o azimuth do ponto E, por exemplo. Construido o segmento capaz do angulo e e tirada a linha EA na direcção azimuthal conhecida, o ponto A será a posição pedida.

b) *Um dos angulos é nullo,* isto é, o angulo de observação está no enfiamento determinado pelos pontos C e D, por exemplo. Construido o segmento capaz e prolongada a direcção DC. Fig. 158, o ponto A' será a posição pedida.

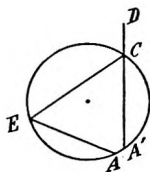



Fig. 158

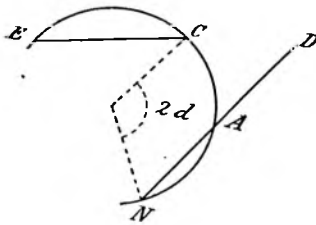



Fig. 159

c) *O centro de um dos segmentos cae fóra do papel.* —Suppondo que um dos segmentos — o capaz do angulo d, por exemplo — cae fóra do papel, construiremos o segmento capaz do angulo e; marcaremos depois um angulo $CON = 2d$ e uniremos N com D. O ponto A será a posição pedida.

§ 3 — CRITERIOS RELATIVOS ÁS RESOLUÇÕES E ESCOLHA DOS PONTOS NO PROBLEMA DOS DOIS ANGULOS

330 — Condições geraes a considerar. — Se considerarmos a circumferencia que passa pelos pontos E, C e D, Fig. 160, é evidente que, de qualquer posição tomada sobre o arco $\overset{\frown}{EAD}$, se vêem as linhas EC e CD sob os mesmos angulos respectivamente eguaes a e e d, como os medidos em A; portanto o problema dos dois angulos será indeterminado sem-

pre que o logar d'observação se encontre na circumferencia que passa pelos pontos de posição conhecida, facto que poderá dár-se quando o ponto central *C* esteja para além da recta *ED*, não estando o ponto *A* dentro do triangulo *ECD*. D'aqui se conclue que essa indeterminação se não dá com certeza quando *A* esteja dentro d'aquelle triangulo ou ainda quando o

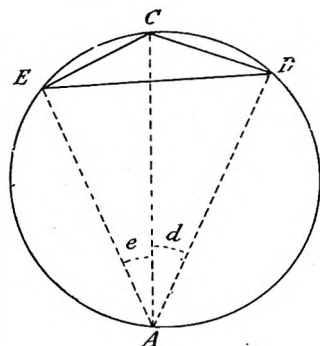



Fig. 160

ponto *C* occupe posições sobre a linha *ED* ou para áquem d'esta linha.

Além d'essas circumstancias fundamentaes, ha a attender ao rigôr com que é necessario definir os segmentos capazes, para que a posição pedida fique bem determinada: —essa determinação será imperfeita sempre que *e* e *d* sejam pequenos; da pequenez de um só dos angulos, *e* ou *d*, nem sempre resulta uma má determinação.

Attendidas as considerações anteriores, estudemos separamente cada uma das circumstancias seguintes:

1.ª *O ponto A dentro do triangulo ECD:*—é esta evidentemente a circumstancia geral mais favoravel; além de serem impossiveis as indeterminações, é ahi que os angulos *e* e *d* podem ter os seus maiores valores.

2.ª *O ponto A fóra do triangulo ECD, estando C para áquem da linha ED:*—impossibilidade de indeterminação; posição regularmente determinada, nos casos geraes.

3.ª *O ponto A fóra do triangulo ECD, estando C para além da recta ED:*—possibilidade de indeterminação, havendo a esperar, muitas vezes, más determinações.

NOTA. — Com o emprego do transferidor duplo de metal

para resolução do problema dos dois angulos, facilmente se reconhecem as circumstancias desfavoraveis, pela relativa facilidade em encontrar os ajustamentos das alidades com os pontos de posição conhecida.

331 — Preceitos de Wharton. — Sir William Wharton, no seu livro «Hydrographical Surveying», estabelece os seguintes preceitos para escolha dos tres pontos de referencia:

1.° Nunca observar pontos dos quaes o central seja o mais distante.

2.° Escolher os pontos como se segue:

a) um ponto de lado distante e os outros dois proximos; quando o angulo entre estes dois ultimos seja de 30° a 140°, pode o outro angulo ser muito pequeno.

b) os tres pontos collocados proximamente em linha recta; n'este caso nenhum dos angulos entre cada par deverá ser inferior a 30°.

c) O observador dentro do triangulo formado pelos tres pontos.

Ha casos em que o ponto central, sendo muito distante, pode ser utilisado, apesar do angulo com um dos pontos ser pequeno; mas só a pratica póde aconselhar tal emprego.

NOTA. — Tendo-se em attenção os diversos criterios estudados, facil é, sobre uma carta, escolher pontos nas condições exigidas; mas, quando a escolha tenha de ser feita sobre o proprio terreno e rapidamente, como acontece nos trabalhos expeditos de sondagem, pode tal operação não ser só dependente do exacto conhecimento dos preceitos estabelecidos, mas tambem do bom golpe de vista para apreciar as distancias e posições relativas dos pontos que se escolham, afim de obter bons elementos para resolução dos respectivos problemas. Esse bom golpe de vista só pode ser dado pela pratica.

332 — Generalisação do problema ao caso de se tomarem quatro pontos. — O problema dos dois angulos não corresponde só ao caso de haver a considerar tres pontos; poderemos até suppor tal caso como particular, admittidos quatro pontos e dada a hypothese de os dois centraes se confundirem ou estarem no mesmo enfiamento. As condições geraes mencionadas, como devendo ser attendidas sempre, servem tambem para esse modo mais geral de encarar o problema. A consideração de quatro pontos tem a vantagem de menor probabilidade nas indeterminações; mas apresenta, por outro lado, o inconveniente de dar duas intersecções, o que, na maioria dos casos, traria a impossibilidade pratica de escolher a intersecção conveniente, salvo medindo o angulo entre os pontos centraes. Por essas razões é habitual limitar, como fizemos, a questão ao caso dos tres pontos.

Capitulo VI. — Methodos topographicos

§ 1 — DETERMINAÇÕES TOPOGRAPHICAS PRINCIPAES

333 — Generalidades. — Considerámos, no n.º 317 e seguintes, o desenvolvimento de uma triangulação, isto é, o chamado *esqueleto trigonometrico*. Ahi estudámos, de uma maneira geral, o processo para obter as coordenadas dos vertices, passando estes pontos a serem denominados *pontos trigonometricos* (n.º 324). Attendida ainda exclusivamente a planimetria, vamos, no presente capitulo, apresentar os methodos para desenvolvimento do chamado *esqueleto topographico*, dando uma ideia da forma por que se conseguem o *detalhe e pormenores* do terreno. No detalhe se procede á determinação de pontos *principaes* que possam servir a quaesquer fins e muito principalmente ao de poderem ser tomados como estação nas determinações *complementares*, determinações que irão depois dar os pormenores ao trabalho topographico. Como regra geral, os pontos principaes da topographia devem ser dados, pelo menos, por tres logares geometricos; os complementares ficarão sufficientemente definidos por dois d'esses logares.

334 — Classificação dos methodos empregados nas determinações topographicas principaes.—Segundo as observações são feitas em uma só estação ou em duas, assim temos os methodos que apresentamos respectivamente nos n.ºs 335 e 336, methodos que podem ser executados empregando goniometros ou goniographos. O uso dos ultimos, no detalhe de terreno, é para recommendar, nomeadamente tratando-se de trabalhos topographicos subsidiarios da hydrographico. É ao emprego da prancheta que vulgarmente se destinam as operações que estudaremos [1].

335 — Methodo para uma só estação da prancheta. — O ponto cuja posição se pretende pode ser marcado sobre

---

[1] Conhecidos os processos que adeante estudamos para o caso de se empregar a prancheta e alidade, facil será perceber o emprego de qualquer goniometro em casos identicos.

o papel da prancheta, estacionando o instrumento n'esse ponto e fazendo applicação do processo das tangentes (n.º 329), supponde, claro está, que na mesma prancheta se acham marcados os pontos correspondentes a tres, pelo menos, considerados no terreno e visiveis do logar de estação.

A facil verificação de posição a fazer por um terceiro logar geometrico (n.º 333) será, n'este caso, a consideração de um terceiro segmento capaz ou antes adoptar um quarto ponto do terreno e que tenha representação no papel da prancheta. Encostada a regua da alidade a este ultimo ponto e ao de estação, deveremos no cruzamento dos fios ver aquelle quarto ponto.

NOTA. — O caso particular citado no n.º 329 – 4, *b*) é um bom recurso para determinações topographicas, sempre que possa ser aproveitado.

336 — Methodo para duas estações da prancheta. — Sejam, Fig. 161, *A* e *B* dois pontos do terreno com representação em *a* e *b*, Fig. 162, no papel da prancheta. Seja *P*, Fig. 161, o ponto cuja posição se pretende marcar na mesma prancheta. Estudemos separadamente cada um dos casos seguintes:

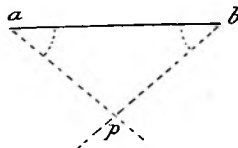
A D B

.P

Fig. 161

a) Os pontos A e B são accessiveis: — Estacionada a prancheta em *A*, como foi dito no n.º 107 *a)*, declinando-a pela linha *AB*, encostaremos a regua da alidade á agulha espetada em *a*, Fig. 162, dirigindo depois a pontaria para *P*; assim determinaremos uma direcção ***ap*** sobre papel da prancheta.

Fig. 162

Indo então a *B*, procederemos analogamente, determinando a direcção ***bp***. O ponto de cruzamento das duas direcções traçadas é a posição *p* correspondente a *P* no terreno.

E' este o methodo conhecido pelo nome de *methodo de intersecções* cuja applicação na topographia é muito conveniente, quando de dois pontos se quer determinar a posição de muitos outros ou quando estes sejam inaccessiveis. A' determinação de pontos proximos do prolongamento de *AB* não convem, evidentemente, applicar o methodo descripto.

NOTAS. — A facil verificação de posição por um terceiro logar geometrico (n.º 333) será, n'este caso, a consideração de de um terceiro ponto e que tenha representação no papel da prancheta. Encostada a regua da alidade a este ultimo ponto e ao de estação, deveremos ver no cruzamento dos fios o terceiro ponto considerado.

— A posição *p* ficará tanto melhor determinada quanto mais proximo de 90º fôr o angulo das direcções *ap* e *bp*.

b) *Um dos pontos A ou B é inaccessivel, sendo P accessivel.* Supponhamos *B*, por exemplo, inaccessivel. Estacionada a prancheta em *A*, declinando-a pela linha *AB*, encostaremos a regua da alidade á agulha espetada em *a*, Fig. 163, dirigindo depois a pontaria para *P*; assim determinaremos *ap*.

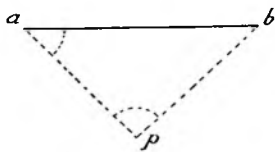



Fig. 163

Iremos depois a *P*. Estacionada ahi a prancheta, declinando-a por *PA*, encostaremos a regua da alidade á agulha espetada em *b*, apontando para *B*. O cruzamento da direcção *bp* assim obtida, com a anterior *ap*, dar-nos-ha a posição *p* pedida.

E este o methodo conhecido pelo nome de *methodo de recorte* [1], empregado nas circumstancias acima expostas.

NOTA. — São applicaveis a este caso as notas que apresentamos no caso anterior.

c) Os pontos A e B são inaccessiveis, sendo P accessivel. Estacionemos a prancheta n'um ponto intermediario *D*, fig. 161, do alinhamento *AB*, ponto obtido como se indicou no n.º 292 e do qual se avistem os pontos *A*, *B* e *P*. Declinada a prancheta por *AB*, e arbitrada uma posição *d* sobre *ab*, fig. 164, para representar o ponto *D*, encostaremos a regua da alidade a uma agulha espetada em *d*, dirigindo depois a pontaria para *P*; assim se obtem uma direcção *dp'*. Posto um signal em *D* e indo então a *P*, ahi estacio-

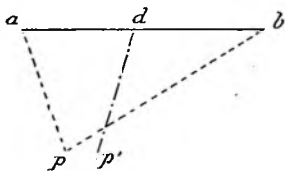



Fig. 164

[1] O methodo de *intersecção*, propriamente dito, resulta do emprego de pontarias directas; o de *recorte* utilisa pontarias directas associadas a pontarias inversas; finalmente, no methodo seguido na resolução do problema dos dois angulos, procede-se por pontarias inversas.

naremos a prancheta, declinando-a por *PD*, direcção representada no papel por *p'd*. Espetadas agulhas em *a* e *b*, a ellas encostaremos por sua vez a alidade, dirigindo a pontaria respectivamente para os pontos *A* e *B* do terreno; assim determinaremos as direcções *ap* e *bp* cujo cruzamento será a posição *p* pedida.

E' evidente que nos casos geraes, como se representa na Fig. 164, o ponto *p* se não encontra na linha *dp'*, por isso que o ponto *d* foi arbitrariamente escolhido para representar *D*.

Este methodo é um caso particular do *de recorte,* por isso que utilisa pontarias directas associadas a pontarias inversas. Pode dar-se-lhe a designação de methodo de *alinhamento* e *intersecção,* sendo applicaveis a este methodo as considerações feitas em notas aos casos anteriores.

337 — Nota geral aos methodos apresentados. — Taes methodos não perdem a sua generalidade, embora se possa dizer que os pontos taes como *A* e *a*, *B* e *b*, *P* e *p* não estão em rigôr na mesma vertical (n.º 107); mas os affastamentos que porventura existam são sempre muito pequenos a respeito das distancias *AP*,*BP* etc. e as direcções, tomadas a partir da estação para qualquer dos pontos que desejamos obter pelos methodos indicados, podem considerar-se como verdadeiras.

§ 2 — DETERMINAÇÕES TOPOGRAPHICAS COMPLEMENTARES

338 — Methodo das perpendiculares. — E' este um dos methodos mais rigorosos dos que se empregam nas deter-

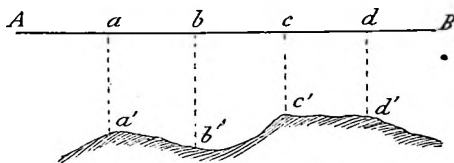



Fig. 165

minações complementares. A Fig. 165 dá uma completa ideia do modo como se procede. Querendo determinar o contorno de uma linha *a'b'c'd'* etc. do terreno (estrada, margem, etc.) defina-se uma direcção *AB* por bandeirolas, por exemplo.

Assignalados pontos intermediarios *a*,*b*,*c*,*d*, etc. a eguaes

distancias uns dos outros ou fronteiros a pontos de maior inflexão do contorno, mediremos as distancias *ab*, *bc*, *cd*, etc.; determinaremos, por meio de um esquadro (1), as direcções *aa'*, *bb'*, *cc'*, etc. perpendiculares a *AB;* mediremos por fim estas ultimas grandezas e estaremos assim habilitados a traçar no desenho o contorno considerado. Não é este methodo, como facilmente se comprehende, aquelle que pode ter applicação mais pratica, empregando a prancheta.

339 — Methodo de irradiação (direcção e distancia). — Estacionada a prancheta n'um ponto topographico principal ou mesmo n'um ponto trigonometrico, poderemos

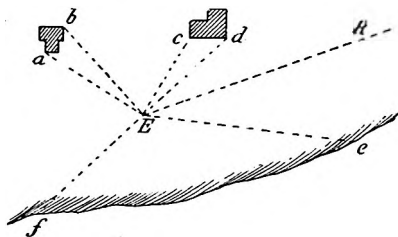



Fig. 166

pormenorizar o terreno, pela determinação de pontos complementares: espetando uma agulha no ponto da prancheta representativo do logar de estação; encostando a regua da alidade a essa agulha; dirigindo a pontaria para os pontos complementares considerados no terreno e sendo as distancias a esses pontos dadas pela mira da alidade n'elles collocada.

A Fig. 166 mostra como da estação *E* se podem obter as posições *a*, *b*, *c*, *d*, etc. Uma direcção *ER*, para ponto distante, servir-nos-ha para verificar se a prancheta se não desloca durante as observações.

NOTA. — A alidade auto-reductora de Peigné (n.º 165) pode prestar n'estes casos um bom serviço.

340 — Methodo de caminhar e medir. — Se se usar seguidamente do methodo de direcção e distancia, obtem-se uma serie de pontos naturalmente formando uma linha polygonal. Tal é, em resumo, o principio do methodo de *caminhar* e *medir*, applicado com vantagem em casos especiaes, como o de determinar as direcções de um rio ou caminho entre ar-

(1) Vide n.º 110 e seguintes.

voredo, quando d'estes se não vejam pontos trigonometricos ou principaes.

Como regra geral, preceitua-se a necessidade de escolher, para pontos extremos d'aquella linha polygonal, posições que possam ser rigorosamente determinadas em relação a pontos topographicos principaes ou trigonometricos.

Considerada no terreno a linha polygonal *a b c d e*, Fig. 167,

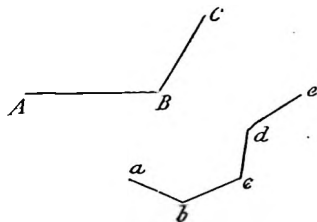



Fig. 167

na qual, dos pontos extremos *a* e *e*, se avistam as posições *A*, *B* e *C*, por exemplo, poderemos traçar essa linha na prancheta, procedendo da forma seguinte:

Estacionado o apparelho em *a*, marcaremos o ponto homologo *a'*, Fig. 168, pelo processo das tangentes, por exemplo;

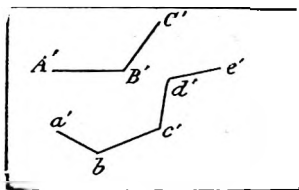
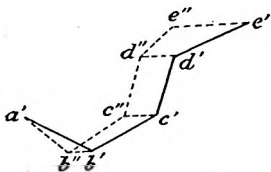



Fig. 168

sem mover a prancheta, tiraremos a direcção *a'b'* homologa de *ab*, medindo com a mira da alidade a devida distancia; estacionaremos então o apparelho em *b* (declinando por *ab*), traçando depois a direcção *b'c'* homologa de *bc* e obtida a grandeza com a mira respectiva; e assim successivamente até *e'*, posição que será verificada, observando os pontos *A*, *B* e *C* do terreno.

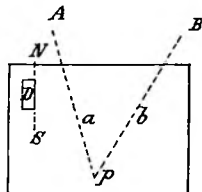
Qualquer differença encontrada, differença a que se dá o nome de *fecho* da linha polygonal, pode provir de erros commettidos nas medidas lineares e nas direcções, ou n'um só d'esses elementos; será então necessario proceder a uma compensação. Se o fecho provêm só das medições lineares, consiste essa compensação em se fazer uma reducção ou ampliação da figura obtida, por forma a levar á coincidencia os pontos de chegada; se, porém, o fecho provêm só dos angulos, a compensação resume-se em modificar esses mesmos angulos, augmentando-os ou diminuindo-os de uma mesma grandeza, por forma a dar-se aquella coincidencia.

Fig. 169

Nos casos geraes, difficil será destrinçar a verdadeira causa de erro; por isso racionalmente attribuimos o fecho ás duas causas apontadas, procedendo á compensação, como se indica na Fig. 169. Suppondo $e'e''$ o fecho, dividiremos essa grandeza em tantas partes eguaes quantas as unidades do numero n de lados, conduzindo pelos vertices b', c' e d' parallelas a $e'\,e''$. Na primeira estação a seguir a a', tomamos $b'b''=\frac{1}{n}e'e''$; na segunda $c'c''=\frac{2}{n}e'e''$ etc.; e assim se consegue, com uma nova linha polygonal $a'b''c''d''e''$, levar á coincidencia os pontos de chegada.

341 — Methodo de azimuth e angulo. — Orientada a prancheta pela declinatoria D, fig. 170, e considerados dois pontos a e b respectivamente homologos de A e B no terreno, o cruzamento das direcções Aa e Bb, segundo as pontarias para A e B, dará aproximadamente um ponto p correspondente ao de estação do instrumento.

Fig. 170

NOTA. — Do pouco rigôr obtido nas orientações dadas pela declinatoria, ha a esperar evidentemente determinações grosseiras, empregando o methodo descripto.

342 — Ideias geraes sobre a escolha dos methodos topographicos a empregar nas determinações complementares. — E' do aspecto geral do terreno a levantar que

depende, principalmente, a escolha do methodo a seguir, convindo até, em grande numero de casos, combinar vantajosamente, n'um mesmo trabalho, dois ou mais dos methodos apontados. Só a pratica nos poderá auxiliar n'essa combinação; podemos, comtudo, estabelecer sobre o assumpto regras geraes, algumas já esboçadas, e citar varios exemplos elucidativos:

— Em logares a descoberto e pouco accidentados, onde haja portanto possibilidade de visão reciproca dos pontos principaes e complementares, convem fazer uso dos methodos de intersecção e recorte, tratando-se de desenhar os pormenores do terreno: assim se consegue, até com economia de trabalho, obter determinações complementares com um grande rigôr.

— Em logares cobertos de obstaculos que não permittam a visão reciproca dos pontos a considerar no terreno, convirá então o emprego do methodo de caminhar e medir. Exemplos: levantar um rio que se desenvolve por entre arvoredo; o curso das ruas de uma cidade; um bosque etc.

— Quando de um ponto principal se avistem, em torno, varios outros pontos que convem considerar, é util o emprego do methodo de irradiação. Exemplo: levantar o contorno de uma praça, de um largo, de uma clareira etc.

— O methodo das perpendiculares, além das applicações já citadas no n.º 338, pode servir, por exemplo, para n'um arruamento, considerado o alinhamento segundo a mediania, obter as distancias dos pontos lateraes a essa linha mediana.

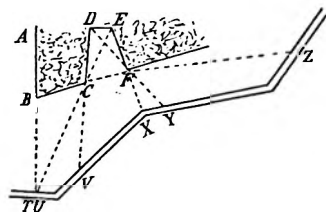



Fig. 171

A fig. 171 mostra-nos como, n'um levantamento pelo methodo de caminhar e medir ao longo de uma estrada *TVYZ*, se pode, ao mesmo tempo, determinar pontos taes como *A*, *B*, *C* etc. do contorno de uma floresta. Bastará escolher para estações pontos taes como: *T*, *U*, *V*.....*Z* dados por enfiamentos dos primeiros, e n'essas estações traçar na prancheta respectivamente as direcções *TA*, *UE*, *VD*........ *ZB*. Os convenientes cruzamentos darão o contorno desejado.

NOTA. — Recorrendo aos processos expeditos de medição directa, acabaremos por desenhar os contornos menos extensos.

Capitulo VII. — Determinação de posição de sondas á vista da terra

§ 1 — PROCESSOS RIGOROSOS

343 — Processo por segmentes capazes. — E' o sextante o instrumento que a bordo nos fornece, com maior rapidez e precisão, os elementos para resolução do problema dos dois angulos. Na *Parte terceira* d'este *Livro*, quando desenvolvidamente tratarmos de todas as operações necessarias á hydrotopographia regular, indicaremos o modo de proceder segundo as circumstancias.

NOTA. — O terceiro logar geometrico conveniente podenos ser dado por enfiamento de dois outros pontos, enfiamento como veremos accidentalmente determinado e servindo de linha de derrota n'uma serie de sondas a executar.

344—Processo por alinhamento e segmento capaz. — E' este processo applicavel ao caso em que as sondas se executem em logares d'onde se avistem pontos de terra diametralmente oppostos, como succede por vezes nos rios, bahias fechadas, etc.

Obtido, de bordo da embarcação ao serviço da sondagem, um alinhamento com instrumento proprio, como o de Craveiro Lopes (n.° 113), e ahi medido com o sextante o angulo entre dois pontos escolhidos em bôas condições [1], teremos, considerada aquella linha e o segmento capaz d'esse angulo, uma posição determinada por dois logares geometricos. Esse alinhamento suppõe-se estabelecido com signaes proprios para esse fim e não accidentalmente determinado no acto de se sondar.

345—Processo por direcção azimuthal e segmento capaz. — Estabelecido em terra, em logar determinado, um instrumento que possa dar direcções azimuthaes (theodolito portatil, agulha azimuthal, goniographo etc.) para a embarcação de onde se pruma e havendo n'essa embarcação observa-

---

[1] Para isso procurem-se, quanto possivel, pontos a eguaes distancias e egualmente affastados para um e outro lado do alinhamento.

dor que, com o sextante, tome o angulo entre dois pontos conhecidos, poderemos ter a posição de uma dada sonda, feitas simultaneamente as observações indicadas. Esses pontos escolhidos devem, quanto possivel, estar a eguaes distancias e egualmente affastados para um e outro lado da direcção azimuthal dada pelo instrumento em terra.

E' applicavel a este processo a nota ao n.º 343.

346 — Processo por duas direcções azimuthaes. — Estabelecidas em terra, em logares determinados, duas estações para goniometros ou goniographos e registadas, no momento da sonda e a um signal combinado, as direcções azimuthaes para a embarcação, poderemos obter com o necessario rigôr a posição da sonda, considerado o cruzamento d'aquellas direcções e sempre que esse cruzamento se não faça sob angulo inferior a 30º ou superior a 150º.

Este processo pode ser aproveitado com vantagem (cuidando convenientemente o registo das observações afim de evitar enganos) sempre que a maresia fôr grande para se observar do mar ou então quando os pontos a escolher em terra sejam muito elevados, de forma a se não poderem considerar horisontaes os angulos medidos de bordo com o sextante, angulos necessarios na applicação de qualquer dos processos anteriormente expostos.

E' applicavel a este caso a nota ao n.º 343.

§ 2 — PROCESSOS APROXIMADOS

347 — Indicação resumida d'esses processos.

a) Por direcção azimuthal e distancia. E' o methodo de irradiação (n.º 339) applicado ás operações propriamente hydrographicas. Conhecida a posição do navio e observada de bordo (por meio da agulha ou angulo para ponto em terra) a direcção azimuthal para a embarcação de onde se pruma, a posição da sonda ficará definida logo que sobre essa direcção se marque convenientemente a devida distancia obtida pela altura angular da mastreação (n.º 297) ou por angulo para o horisonte (n.º 300).

— O mesmo processo pode ter ainda a seguinte variante: observar de um ponto conhecido em terra, e por meio de goniometro ou goniographo, a direcção azimuthal para a embarcação; traçada essa direcção e sobre ella marcada convenientemente a devida distancia obtida com o sextante e mira (n.º 136), feita a observação de dentro da mesma embarcação, teremos determinada a posição da sonda.

Para maiores distancias, quando os processos anteriormente indicados já não possam ter applicação, a posição aproximada

do logar de uma sonda, considerada ainda a direcção e distancia, obter-se-ha observando o azimuth ([1]) de uma elevação distante e marcando convenientemente sobre a respectiva direcção a devida distancia obtida como se indicou no n.º 302.

b) Por direcção azimuthal e segmento capaz. Observado de bordo, com o sextante, o angulo entre dois pontos terrestres e obtido, por forma analoga á indicada no n.º anterior, o azimuth ([1]) de um d'aquelles pontos ou de um terceiro, teremos os necessarios elementos para determinar com aproximação a posição da sonda executada no momento em que foram feitas aquellas observações.

c) Por direcção azimuthal e uma coordenada geographica ou recta de altura. Processo a empregar na determinação do logar de uma sonda executada a grandes distancias da terra. Determinada aquella direcção, considerado um ponto terrestre ([1]), o cruzamento d'essa direcção com a recta de altura. meridiano ou parallelo (elemento obtido a bordo por observações astronomicas), dará com aproximação o logar da sonda.

d) Por duas direcções azimuthaes. Obtidos de bordo, simultaneamente e pelos meios já indicados, os azimuths de dois pontos terrestres, o cruzamento das respectivas direcções dará aproximadamente o logar da sonda.

e) Por angulo medido entre dois pontos terrestres, e uma coordenada geographica ou recta de altura.

Processo analogo ao *c)* e como este applicavel á determinação de logar de uma sonda executada a grandes distancias da terra. A direcção azimuthal é n'este caso substituida pelo segmento capaz do angulo medido.

f) Por caminho e duas marcações. Executada a sonda em N', Fig. 138, e conhecidos os angulos α e α', bem como o caminho navegado NN', a posição d'aquelle ponto N' será determinada marcando sobre a direcção azimuthal AN' a distancia obtida como se indicou no n.º 298.

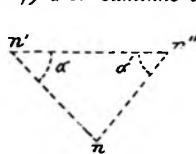



Fig. 172

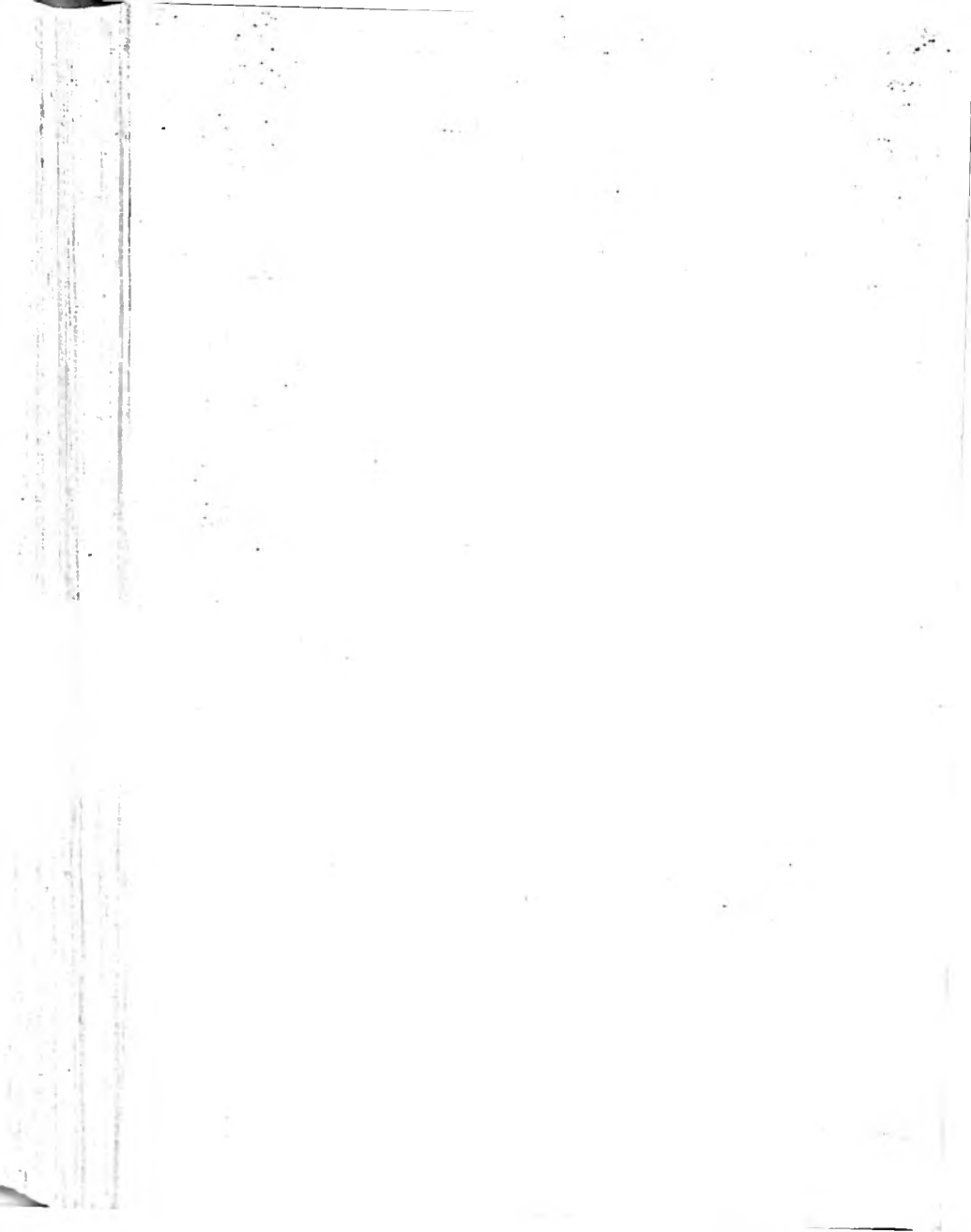
g) Por dois angulos para o prumador observados de duas embarcações de posições determinadas e convenientemente amarradas. Sendo n, Fig. 172, a embarcação que sonda, e n' e n'' as outras duas de posição conhecida, o lo-

---

([1]) Esse azimuth pode ser obtido: *aproximadamente,* recorrendo ao emprego da agulha magnetica ou *mais rigorosamente,* procedendo como se indicará no *Livro III* «Determinação do azimuth».

gar n ficará determinado, medidos a sextante os angulos como α e α'.

NOTAS. — A visibilidade dos pontos a observar, o rigôr na determinação das posições, etc. nos indicarão o processo a adoptar.

— De entre os pontos em bôas condições para observar o respectivo azimuth, deveremos dar preferencia aos mais proximos.

PARTE TERCEIRA

HYDROTOPOGRAPHIA REGULAR

Capitulo I — Triangulação fundamental

§ 1 — RECONHECIMENTO PREVIO E PROJECTO DE TRIANGULAÇÃO

348 — Limites da topographia n'um levantamento regular. — Tratando se do levantamento de um rio, está convencionado que, para cada margem, o limite interior da topographia não vá além de 200^m a contar da linha das maximas cheias, e quando haja a representar tambem a foz, dá-se para limite da costa, para um e outro lado, a distancia de 1250 metros.

Nos portos e costas do mar, aquelles limites são habitualmente excedidos, pela necessidade de representação de pontos affastados interessando á navegação: é o que succede, por exemplo, na carta do porto de Lisboa. Pelo lado do mar é a topographia limitada pela linha dos maximos baixamares da localidade ([1]).

349 — Reconhecimento prévio. — Como regra geral, antes de proceder a quaesquer trabalhos definitivos, deveremos effectuar um *reconhecimento* do terreno a levantar. Se ha alguma carta imperfeita ou em pequena escala relativamente á que se adopta, aquelle reconhecimento servir-nos-ha apenas para verificar o proprio projecto de triangulação feito á vista da carta; se, porém, não dispomos de taes elementos, terá o

---

([1]) E' no *Livro III*, na parte em que é feito o estudo das aguas do mar, que desenvolvidamente se mostram as differenças de interpretação a dar aos termos: {baixamar ou preamar} de aguas mortas e aguas vivas, maior e maximo {baixamar ou preamar}. Poderemos porém, desde já, empregar esses termos, visto que elles foram definidos em estudos anteriores.

reconhecimento de ser mais demorado, comquanto uma das suas caracteristicas seja a rapidez de execução. N'este ultimo caso as operações prévias consistem em colher elementos para um esboço da planimetria e configurado do terreno, empregando n'esse intuito pequenos theodolitos, sextantes, bussolas, etc. segundo as circumstancias e conforme exemplos adeante apresentados no estudo dos levantamentos hydrographicos expeditos. E' sempre conveniente ir acompanhado por algum natural da localidade, obtendo d'elle as necessarias informações sobre os nomes dos logares, caminhos, etc., e escolher para esses trabalhos a occasião de baixamar, para melhor ajuizar do contorno do littoral e até mesmo perceber as pronunciadas differenças de fundo, o que será facil sempre que o terreno á borda do mar fôr bastante elevado.

E' durante o reconhecimento prévio que convem proceder a uma primeira escolha de pontos para vertices da triangulação, attendidos os principios expostos no n.° 319, bem como procurar locaes convenientes para medição de uma base (n.° 321) e installação da escala de marés (n.° 206), tomando sobre taes assumptos os necesssarios apontamentos. Os pontos escolhidos para vertices podem desde logo ficar provisoriamente assignalados por bandeirolas.

350 — Projecto de triangulação e conclusão do estabelecimento de signaes. — Na carta já existente ou na que se construa com os elementos obtidos no reconhecimento prévio, em escala que bastará, na maioria dos casos, ser de $\frac{1}{25000}$, se traçará um projecto de triangulação, considerados os vertices já assignalados, verificando d'este modo a aproximada observancia dos principios expostos no n.° 319, bem como reconhecendo da sufficiencia ou insufficiencia do numero de pontos para um trabalho fundamental conveniente.

A' vista da mesma carta se estudará ainda a mais vantajosa ligação da base com a triangulação, definindo á mesma base a orientação e grandeza aproximadas; e por ultimo haverá a considerar, pela forma mais proveitosa, as direcções a medir mais tarde entre os differentes vertices escolhidos.

As operações preliminares ficarão por fim concluidas: mandando montar o marémetro; estabelecendo novos vertices quando se reconheçam necessarios; e procedendo á definitiva collocação ou construcção de signaes, segundo as circumstancias e attendendo ao que foi dito nos n.os 170 a 176.

§ 2 — MEDIÇÕES GEODESICAS E ASTRONOMICAS

351 — Medições geodesicas.—Consistem essas medições:

1.º) *Medição da base* — habitualmente executada por qualquer dos processos directos estudados nos n.os 116 a 123, 294 e 295, ou ainda pelo stadimetrico ou telemetrico (n.os 126 a 142).

Do rigôr do trabalho depende evidentemente a escolha do processo a seguir. Convirá sempre executar varias medições em sentidos oppostos e tomar a media.

2.º) *Medição dos angulos horisontaes* nos vertices da triangulação, incluidas as distancias angulares necessarias para ligação da base á mesma triangulação.

Attendidas as direcções traçadas no projecto (n.º 350), e estacionado o theodolito em cada um dos vertices ou proximo d'elles, quando inacessiveis, serão, pelo methodo de reiteração, lidas as respectivas direcções azimuthaes.

Do rigôr do trabalho depende a escolha do numero de giros (n.º 69); para os casos usuaes poderemos empregar o modelo *A* a paginas 70.

3.º) *Medição das distancias zenithaes* necessarias para determinação das altitudes dos pontos de referencia dos vertices, pelo processo do n.º 310. Aproveitado o theodolito ainda em estação, quando com elle se procede ás medições dos angulos horisontaes, obteremos as distancias zenithaes d'aquelles pontos de referencia, operando como foi dito no n.º 66 *b)* e podendo ser usado o modelo *B* a paginas 71.

352 — Medições astronomicas.—As medições astronomicas consistem mais especialmente na determinação do azimuth de um lado da triangulação, por processo que será estudado no *Livro III.*

§ 3 — DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS RECTANGULARES DOS VERTICES

353 — Resolução dos triangulos. — Será evidentemente um dos triangulos da triangulação supplementar necessaria para ligação da base, aquelle que primeiro deveremos tomar para começo das resoluções; é n'esse que temos um lado conhecido: a base medida.

Considerado o problema de uma maneira geral e respeita-

da a convenção estabelecida pelo general Folque ([1]), imaginemos o triangulo rectilineo ABC que substitue um dos triangulos geodesicos suppostos no terreno (n.° 320).

Considerando BC o lado conhecido e chamando A', B' e C'

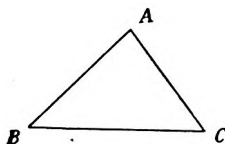



Fig. 173

aos tres angulos do triangulo observados nos vertices ou proximo d'elles, a resolução do triangulo ABC é feita pela forma que vamos indicar:

1.° Calculo dos angulos A, B e C:

a)

$$\begin{array}{rl} A' = & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ B' = & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ C' = & \underline{\ldots\ldots\ldots\ldots} \\ 180 + \alpha = & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ A' - \frac{\alpha}{3} = A'' = & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ B' - \frac{\alpha}{3} = B'' = & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ C' - \frac{\alpha}{3} = C'' = & \underline{\ldots\ldots\ldots\ldots} \\ & 180^\circ\ 00'\ 00'' \end{array}$$

N. B. — A'', B'' e C'' são os angulos compensados respectivamente correspondentes a A', B' e C'. Quando haja, no mesmo triangulo, angulos observados no centro e fóra d'elle, a distribuição de α é feita apenas pelos angulos observados n'este ultimo caso.

b) Considere-se um triangulo A'', B'' e C'' tendo por an-

([1]) Chama-se, em cada triangulo: A ao vertice opposto ao lado conhecido; B ao que fica á direita do observador supposto em A; e C ao da esquerda.

gulos os valores compensados anteriormente obtidos e supponha-se $B''C'' = BC$ lado conhecido; será:

$$A''B'' = BC \frac{\text{sen } C''}{\text{sen } A''}$$
$$A''C'' = BC \frac{\text{sen } B''}{\text{sen } A''}$$

c) Imaginemos que o angulo A'', por exemplo, foi observado fóra do vertice supposto em A_1, Fig. 174, sendo B_1 e C_1

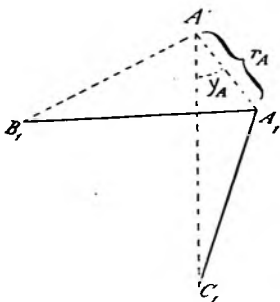



Fig. 171

as posições dos outros vertices sobre o terreno. Poderemos, sem grande erro, considerar $A'B_1 = A''B''$ e $A'C_1 = A''C''$; portanto (n.º 75):

$$A_1 = A' + \frac{r_A}{\text{sen } 1''}\left[\frac{\text{sen } (A' + Y_A)}{A''B''} - \frac{\text{sen } Y_A}{A''C''}\right]$$

N. B. — O mesmo se fará com os angulos B' e C' observados fóra do centro, obtendo-se os valores B_1 e C_1.

d)

$A_1 =$ . . . .
$B_1 =$ . . . .
$C_1 =$ . . . .
$180 + \beta =$ . . . .

$$A_1 - \frac{\beta}{3} = A = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$B_1 - \frac{\beta}{3} = B = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$C_1 - \frac{\beta}{3} = C = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$180^\circ.\ 00'.\ 00''$$

2.° Calculo dos lados AB e AC:

$$AB = BC \frac{\text{sen } C}{\text{sen } A}$$

$$AC = BC \frac{\text{sen } B}{\text{sen } A}$$

NOTA. — O modelo *D*, adeante apresentado, fica assim convenientemente esclarecido, na parte respectiva, pelo que foi dito n'este numero.

Quando a triangulação se desenvolver em quadrilatero, reduzidos os angulos ao centro como foi dito, e compensados os angulos interiores de cada polygono (n.° 320), resolveremos os triangulos por forma analoga á indicada.

354 — Calculo das coordenadas rectangulares dos vertices. — Resolvidos os triangulos da triangulação como foi dito no n.° anterior, teremos de escolher um dos vertices para origem de eixos. Supponhamos, Fig. 150, *O* esse vertice. Feita a determinação do azimuth [1] Z_{OB}, por exemplo, e conhecidos os lados *OB* e *OC*, bem como o angulo *BOC*, obteremos, como se indica no n.° 324, as coordenadas $\left\{ \begin{matrix} M_B \\ P_B \end{matrix} \right.$ e $\left\{ \begin{matrix} M_C \\ P_C \end{matrix} \right.$ respectivamente dos pontos *B* e *C*. As coordenadas do ponto *A*, dadas por *B* e *C*, ficam então dependentes de elementos já conhecidos. Por egual forma se determinariam seguidamente as coordenadas dos demais vertices.

NOTA. — O modelo *D*, adeante apresentado, considera o caso geral: — Conhecidas as coordenadas $\left\{ \begin{matrix} M_B \\ P_B \end{matrix} \right.$, $\left\{ \begin{matrix} M_C \\ P_C \end{matrix} \right.$ dos dois ver-

(1) Vide n.os 323 e 352.

tices B e C referidas a uma dada origem, bem como a grandeza do lado BC e azimuth Z_{BC}, achar as coordenadas do vertice A.

§ 4—DETERMINAÇÃO DAS ALTITUDES DOS PONTOS DE REFERENCIA DOS VERTICES

355 — Generalidades. — Dependendo das observações das marés, a determinação do plano de nivel medio das aguas e sendo de toda a vantagem que essa determinação se faça depois de colhidos bastantes elementos, é habitual escolher um plano provisorio de referencia para as cótas e mais tarde, quando conhecida a posição d'aquelle primeiro plano e determinada a differença de alturas entre as duas superficies de nivel, applicar a todos os valores obtidos uma mesma correcção egual áquella differença.

Considerado o problema de uma maneira geral, aproveitados os registos das necessarias medições geodesicas (n.º 351) e resolvidos os triangulos da triangulação, as cótas dos pontos trigonometricos serão obtidas como se indica no n.º seguinte.

356 — Determinação das cótas de nivel dos pontos trigonometricos. — Consideremos o vertice A.

Elementos conhecidos para determinação da cóta de nivel N_A do ponto A:

1.º Distancias horisontaes AB e AC.

2.º Cótas de nivel N_B e N_C respectivamente dos pontos B e C.

3.º

Estação em A e ponto de mira na vertical de B	distancia zenithal	ζ'
	altura do instrumento	a'
	altura do ponto de mira sobre o vertice	b'
Estação em B e ponto de mira na vertical de A	Idem	ζ''
		a''
		b''
Estação em A e ponto de mira na vertical de C	Idem	ζ'''
		a'''
		b'''
Estação em C e ponto de mira na vertical de A	Idem	ζ^{IV}
		a^{IV}
		b^{IV}

Resolução

Teremos em virtude da expressão (17) e attendendo ao que se disse no n.º 308:

$$
\begin{aligned}
N'_A &= AB \operatorname{cotg} \zeta' + q\, AB^2 + (a' + b' + N_B) \\
N''_A &= AB \operatorname{cotg} \zeta'' + q\, AB^2 + (a'' + b'' + N_B) \\
N'''_A &= AC \operatorname{cotg} \zeta''' + q\, AC^2 + (a''' + b''' + N_C) \\
N^{IV}_A &= AC \operatorname{cotg} \zeta^{IV} + q\, AC^2 + (a^{IV} + b^{IV} + N_C)
\end{aligned}
$$

Tiradas as medias $\dfrac{N'_A + N''_A}{2}$ e $\dfrac{N'''_A + N^{IV}_A}{2}$ para melhor ajuizar do rigôr das observações, obteremos depois, pela media d'essas medias, o valor N_A pedido.

NOTA. — O modelo *E*, adeante apresentado, fica assim completamente esclarecido pelo que foi dito n'este numero.

§ 5 — COLLOCAÇÃO DOS PONTOS TRIGONOMETRICOS NA PRANCHETA

357 — Annotações sobre a escala dos desenhos e levantamentos. — Nos trabalhos em boas condições, poderemos adoptar uma escala unica para o levantamento e desenho definitivo; quando, porém, não haja absoluta confiança nos instrumentos e methodos empregados, convirá adoptar no levantamento uma escala dupla d'aquella em que venha a ser feito o desenho da carta; assim se reduzem quaesquer erros que existam.

Nos trabalhos hydrographicos, a escolha da escala conveniente depende principalmente da área a levantar, por isso que uma das principaes condições a attender no desenho das cartas é dar-lhes dimensões não muito grandes, de modo a poderem ser facilmente manuseadas [1].

358 — Minuta da triangulação. — Quando o estudo detalhado do terreno se não possa fazer, devido á grandeza da escala adoptada, empregando uma só prancheta, teremos de recorrer á execução de uma minuta em pequena escala,

---

[1] Já no n.º 278 indicamos quaes as escalas mais usadas no desenho das cartas maritimas.

Modelo D

Determinações trigonometricas do vertice   do triangulo n.º   de ordem
(n.os 353 e 354)

Observador ....
Calculador ....

Esboço do triangulo; nomes dos vertices; posições dos pontos de estação.

N

S

N. B.— A', B' e C' representam estações; A_1, B_1 e C_1 representam vertices

Angulos observados	1.ª compensação
A' =	A'' =
B' =	B'' =
C' =	C'' =
180° + α =	180°.00'.00''

Resolução aproximada do triangulo

log BC =	log BC =
colog sen A'' =	colog sen A'' =
log sen B'' =	log sen C'' =
log A'' C'' =	log A'' B'' =
A'' C'' =	A'' B'' =

Angulos ao centro	2.ª compensação
A_1 =	A =
B_1 =	B =
C_1 =	C =
180° + β =	180°.00'.00''

Resolução definitiva do triangulo

log BC =	log BC =
colog sen A =	colog sen A =
log sen B =	log sen C =
log AC =	log AB =
AC =	AB =

Calculos de Y e r e respectivos esboços explicativos

EM A'

° ' ''

Direcção para C_1 =
» » A_1 =
=
Y_A =
A' =
Y_A + A' =
r_A =

EM B'

° ' ''

Direcção para A_1 =
» » B_1 =
=
Y_B =
B' =
Y_B + B' =
r_B =

EM C'

° ' ''

Direcção para B_1 =
» » C_1 =
=
Y_C =
C' =
Y_C + C' =
r_C =

Reducção dos angulos ao centro

log r_A =		.... =	
colog sen 1'' =	5·314425	.... =	5·314425
log sen (Y_A + A') =		log sen Y_A =	
colog A'' B'' =		colog A'' C'' =	
log 1.º termo =		log 2.º termo =	
1.º termo =		2.º termo =	
— 2.º termo =			
Correcção =			
A' =			
A_1 =			

log r_A =		.... =	
colog sen 1'' =	5·314425	.... =	5·314425
log sen (Y_B + B') =		log sen Y_B =	
colog BC =		colog A'' B'' =	
log 1.º termo =		log 2.º termo =	
1.º termo =		2.º termo =	
— 2.º termo =			
Correcção =			
B' =			
B_1 =			

log r_C =		.... =	
colog sen 1'' =	5·314425	.... =	5·314425
log sen (Y_C + C') =		log sen Y_C =	
colog A'' C'' =		colog BC =	
log 1.º termo =		log 2.º termo =	
1.º termo =		2.º termo =	
— 2.º termo =			
Correcção =			
C' =			
C_1 =			

Calculo dos valores M_A e P_A do vertice A

Azimuths

Z_{BC} =	Z_{CB} =
B =	C =
Z_{BA} =	Z_{CA} =

Por B

log AB =	log cos Z_{BA} =
log sen Z_{BA} =	log 1.º termo =
log do 1.º termo =	1.º termo =
1.º termo =	P_B =
M_B =	P'_A =
M'_A =	

Coordenadas pedidas (valores medios)

M'_A =	P'_A =
M''_A =	P''_A =
M_A =	P_A =

Por C

log AC =	=
log sen Z_{CA} =	log cos Z_{CA} =
log 1.º termo =	log 1.º termo =
1.º termo =	1.º termo =
M_C =	P_C =
M''_A =	P''_A =

Modelo E

Determinação da altitude do vertice do triangulo n.º de ordem (n.º 356)

| Observador ...
| Calculador ...

Esboços	Calculo da cóta de nivel do ponto A (por B e C)			
pontos de referencia e mira	de A: B	de B: A	de A: C	de C: A
de A: B e B: A	log AB = log cotg ζ' = log 1.º termo = 1.º termo =	log AB = log cotg ζ'' = log 1.º termo = 1.º termo =	log AC = log cotg ζ''' = log 1.º termo = 1.º termo =	log AC = log cotg ζ^{IV} = log 1.º termo = 1.º termo =
de A: C e C: A	log q = 2 log AB = log 2.º termo = (a) 2.º termo = 1.º termo = a' = b' = N_B = N'_A =	log q = 2 log AB = log 2.º termo = (b) 2.º termo = 1.º termo = a'' = b'' = N_B = N''_A = N'_A = $\frac{N'_A + N''_A}{2}$ =	log q = 2 log AC = log 2.º termo = (c) 2.º termo = 1.º termo = a''' = b''' = N_C = N'''_A =	log q = 2 log AC = log 2.º termo = (d) 2.º termo = 1.º termo = a^{IV} = b^{IV} = N_C = N^{IV}_A = N'''_A = $\frac{N'''_A + N^{IV}_A}{2}$ =
Cóta pedida 1.ª media = 2.ª » = Media final =				

$q = \frac{1-2n}{2R}$; n = 0.08 ; R = 6367450ᵐ ; log q (medio) = 2.81929

N. B. — Suppostas as mesmas condições atmosphericas, são eguaes os valores (a) e (b), (c) e (d).

afim de distribuir convenientemente pelas varias pranchetas os trabalhos futuros.

E' n'essa minuta, executada habitualmente, e por commodidade, em papel millimetrado, que se collocam os pontos trigonometricos pelas suas coordenadas rectangulares.

A Fig. 175 representa uma minuta de triangulação na es-

Fig. 175

cala de $\frac{1}{50000}$. N'ella estão marcados os vertices de differente designação, tomando por origem de eixos rectangulares o extremo E da base fundamental ([1]).

Vejamos como é feita a distribuição a que nos referimos. Imaginemos que foi adoptada a escala de $\frac{1}{5000}$ para o levantamento. Como a escala da minuta é de $\frac{1}{50000}$, um mesmo comprimento é representado, n'esta e nas pranchetas, por grandezas que estão entre si na relação de $\frac{1}{10}$; portanto, para construirmos, n'este caso, rectangulos de papel que abranjam na escala da minuta extensões eguaes áquellas que as pranchetas podem abranger na escala de $\frac{1}{5000}$, bastará dar, a cada um d'esses rectangulos, lados dez vezes menores do que os da prancheta correspondente. Praticamente, descontam-se dois centimetros a estes lados, antes de considerar aquella reducção. Assim: se uma dada prancheta tiver as dimensões $0^m.4 \times 0^m.5$, o rectangulo correspondente terá as dimensões $0^m.038 \times 0^m.048$.

Cortados esses rectangulos em papel transparente, assenta-los-hemos sobre a minuta, procurando a melhor posição de modo a serem observadas as seguintes condições:

a) Cada rectangulo ter, pelo menos, tres pontos formando um triangulo regularmente conformado, convindo que esses pontos fiquem, o mais possivel, proximo dos bordos.

b) Terem estes rectangulos, sempre que possa ser, os lados orientados segundo os eixos rectangulares.

c) Haver um ponto trigonometrico commum em cada duas pranchetas adjacentes.

Na distribuição representada na Fig. 175 foram attendidas as condições *a*) e *c*) e por fim numerados os rectangulos, numeros que serão depois escriptos nas correspondentes pranchetas.

NOTA. — Quando não seja possivel distribuir a uma prancheta os necessarios tres pontos, mas apenas dois, poder-se-ha procurar no terreno um terceiro ponto convenientemente escolhido, e marcar a sua posição na prancheta, empregando o processo de Brito Limpo (n.° 327).

359 — Traçado das meridianas e perpendiculares na prancheta. — Reconhecida a posição mais conveniente para cada um dos rectangulos de papel transparente, quando postos sobre a minuta, registaremos os numeros marginaes das meridianas e perpendiculares a considerar em cada pran-

---

([1]) Os signaes das distancias á meridiana e á perpendicular indicados em harmonia com o que foi dito no n.° 282.

cheta, bem como a inclinação d'essas linhas sobre os lados do rectangulo, quando não possa ser observada a condição *b)* do n.º anterior. Com esses elementos ficaremos habilitados a conhecer qual a meridiana e perpendicular cujo cruzamento deve occupar posição mais proxima do centro da respectiva prancheta e a dispor n'esta o traçado da quadricula, de forma a poder ser comprehendida toda a area occupada na minuta pelo rectangulo correspondente.

Tomemos, por exemplo, a prancheta I representada na Fig. 175. A' meridiana e perpendicular com cruzamento mais proximo do centro, correspondem respectivamente os valores + 2000 e *o*.

Tracemos no papel da prancheta, Fig. 176, uma recta PP' para representar a perpendicular *o* e sobre ella tomemos o ponto O por onde deve passar a meridiana dos + 2000. Levante-se em O uma perpendicular a PP', empregando compasso ou cintel.

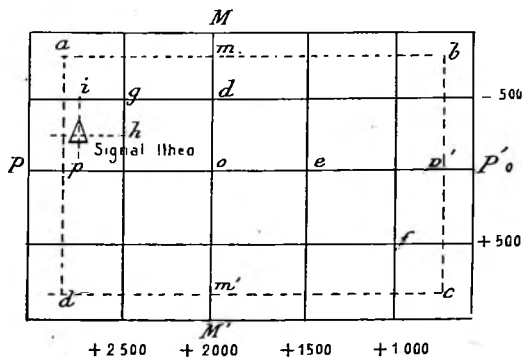



Fig. 176

Obtida a linha MM', traçaremos, junto dos bordos da prancheta, o rectangulo auxiliar *a b c d* de lados parallelos aos eixos.

Considerada a escala de $\frac{1}{5000}$ para o levantamento, cada 500ᵐ serão representados por um decimetro; marquem se então, a partir de O e sobre OP e OP', OM e OM', grandezas eguaes a um, dois, tres etc. decimetros, tomando depois eguaes distancias sobre os quatro lados do rectangulo auxiliar e a partir de m, m', p e p'; assim obteremos tres pontos

para o traçado da recta correspondente a cada meridiana e perpendicular.

São depois indispensaveis as seguintes verificações: egualdade entre as duas diagonaes do maior rectangulo que se possa considerar na prancheta; egualdade das diagonaes em cada quadrado parcial; estarem bem em linha recta os vertices como *d*, *e*, *f* etc., n'uma direcção a 45° com os eixos.

As meridianas e perpendiculares são depois numeradas segundo os respectivos valores extrahidos da minuta.

360 — Collocação dos pontos trigonometricos na prancheta.—Obtidos os valores das coordenadas de um ponto trigonometrico, referidos á meridiana e á perpendicular mais proximas, marcam-se essas grandezas convenientemente sobre os lados do quadrado parcial onde o ponto se deverá encontrar. Assim: se ao signal *Ilheo* da prancheta I, Fig. 175, corresponderem as coordenadas $\left\{ \begin{matrix} M = +2750 \\ P = -250 \end{matrix} \right.$, tomaremos por origem o ponto *g*, Fig. 176, e marcaremos $gi = +250$ e $gh = +250$.

O cruzamento das linhas parallelas aos eixos, tiradas por *h* e *i*, dará a posição do ponto, posição que envolvemos por um pequeno triangulo de base *E-W*, escrevendo á direita, junto d'elle e na direcção da mesma base, o nome d'esse ponto.

Collocados os pontos trigonometricos, é necessario proceder á verificação das suas posições. Essa verificação faz-se: repetindo as operações anteriores e notando ainda se as distancias entre as posições consideradas na prancheta correspondem ás respectivas grandezas obtidas pela resolução dos triangulos.

361 — Prancheta para sondagens. — Para os trabalhos no mar, convem preparar prancheta especial onde se marque o maior numero possivel de pontos, quer os trigonometricos já conhecidos, quer os topographicos obtidos durante as operações estudadas nos dois parágraphos seguintes.

O desenho d'essa prancheta tem naturalmente de ser em escala menor; os pontos trigonometricos serão ahi collocados como se indicou e os topographicos transportados das outras pranchetas por processos numericos ou geometricos.

Capitulo II — Topographia

§ 1 — PLANIMETRIA

362 — Detalhe do terreno. — Distribuidos os pontos trigonometricos pelas varias pranchetas, iremos, em cada uma d'ellas, detalhar o terreno na respectiva área, determinando pontos topographicos principaes, seguindo os methodos estudados nos n.os 335 e 336. O methodo de intersecções é o que mais se utilisa, estacionando nos tres pontos trigonometricos marcados na prancheta e dando direcções para todos os pontos topographicos principaes escolhidos.

363 — Pormenores do terreno. — E' o methodo de irradiação (n.º 339) o mais geralmente empregado. Estacionada a prancheta nos pontos trigonometricos ou topographicos principaes, determinaremos a posição dos complementares escolhidos. N'este genero de topographia teem particular importancia todos os pontos que se vejam dos logares de fundeadouro ou derrota, havendo ainda toda a vantagem em dar direcções para a parte maritima propriamente dita: extremos de rebentação, manchas permanentes da agua, restingas, pedras, etc., direcções que depois transportaremos para a prancheta especial (n.º 361). Nunca esqueçamos que nas cartas hydrographicas a topographia serve especialmente de guia á navegação.

364 — Determinação da linha do baixamar.

1.º *Por meios directos:*

a) *Empregando o methodo de irradiação.* Alguns dias antes d'aquelle em que na localidade se dá o maior baixamar da proxima lua, percorre-se a praia em occasião de aguas baixas, escolhendo posições convenientes para successivas estações da prancheta, attendendo a que teremos de determinar essas posições por meio de pontos já conhecidos e ainda a que as distancias entre as estações, quando se trabalhe com a alidade vulgar, não sejam superiores a 400m, sendo, n'um maximo de 200m, o affastamento entre cada estação e o contorno da linha

de baixamar a determinar [1]. Assignaladas essas posições com estacas ou bandeirolas e marcados na prancheta os pontos correspondentes, aguardaremos occasião propicia para fazer o desenho d'aquelle contorno.

Essa occasião, não se tratando de praia muito esparcelada, dar-se-ha não só no dia do maior baixamar referido, como na vespera e dia seguinte. N'esses tres dias, e meia hora antes até meia hora depois dos baixamares, se procede ao desenho do contorno, estacionando a prancheta nos pontos assignalados e fazendo applicação do methodo de irradiação. O porta-mira deverá ser dirigido por pessoa competente que faça o esboço do contorno entre as varias estações da mira e obrigue aquelle a andar dentro d'agua até pelo menos cobrir o pé, em occasiões mais affastadas do momento do baixamar.

NOTAS. — O contorno assim desenhado aproxima-se muito da linha do maior baixamar.

— Quando a linha a desenhar seja muito extensa e se reconheça a impossibilidade de conseguir o fim com uma só prancheta, embora trabalhando expeditamente, ha então toda a conveniencia, principalmente usando de grandes escalas, em empregar mais de uma prancheta.

— O processo descripto pode tambem ser util na determinação do contorno de corôas de bancos que fiquem a descoberto, e qualquer prancheta servirá então, mesmo sem n'ella haver qualquer desenho, comtanto que haja o cuidado de dar, em cada estação, um numero sufficiente de direcções para pontos principaes do terreno.

b) *Empregando o methodo das perpendiculares (n.º 338).* E' intuitiva a applicação d'este methodo á determinação da linha do maior baixamar.

c) *Empregando o sextante.* Não havendo prancheta ou sendo preciso auxiliar o trabalho d'esse instrumento, pode empregar-se com vantagem o sextante na determinação dos pontos de maior inflexão da linha do baixamar, pela observação dos angulos entre pontos convenientemente escolhidos, e esboçando o contorno intermedio.

2.º *Por meios indirectos.*

d) *Utilisando as sondas reduzidas.* Se a sondagem tiver sido feita segundo linhas normaes á margem, poderemos, depois de concluidos os trabalhos hydrographicos propriamente ditos, obter no desenho a linha do maximo baixamar, unindo os pontos de sonda reduzida nulla (n.º 271).

---

[1] Trabalhando com a alidade auto-reductora de Peigné, essas distancias são respectivamente de 300^{m} e 150^{m}.

e) *Empregando o nivel d'oculo, quando se conheça a posição de um ponto da linha do maior ou maximo baixamar.* [1] Havendo aguas regularmente tranquillas, estacionando o nivel em posição conveniente e collocando a vara de sondas (n.º 186) ou mira de nivel (n.º 146) verticalmente sobre o ponto conhecido, notaremos a leitura correspondente. A linha considerada ficará por fim conhecida, procurando os pontos de fundo a que corresponde a mesma leitura da vara ou mira e medindo d'esses pontos, com o sextante, os angulos entre tres posições já determinadas e convenientemente escolhidas.

NOTA. — A determinação da linha do baixamar devendo ser, quanto possivel, executada pelos meios directos, pode fazer-se antes dos trabalhos fundamentaes, empregando o sextante como se indicou no caso *c)*: — registados os angulos medidos, o traçado da linha será feito posteriormente, logo que se determinem pela topographia as posições dos pontos de referencia dos angulos.

365 — Determinação da linha do preamar. — Interessando essa linha á navegação, principalmente nas localidades onde sejam grandes os desnivelamentos da agua nas posições extremas, convirá que na respectiva carta hydrographica se trace aquella linha.

Qualquer dos processos *a)*, *b)*, *c)* ou *e)* do numero anterior pode ser applicado a tal determinação.

NOTA. — A linha do maximo preamar é, algumas vezes, reconhecida pelos vestigios ou *deixas do mar:* algas, e outras plantas marinhas ou fluviaes. N'esses casos a determinação d'essa linha pode ser feita sem dependencia das horas de marés.

§ 2 — CONFIGURADO

366 — Cótas dos pontos topographicos. — Estudámos nos n.os 262 a 265 a representação das formas naturaes do terreno, e no ultimo d'esses numeros dissemos que em hydrographia não são necessarias as grandes exactidões no desenho do configurado, desenho habitualmente feito empregando o methodo das normaes, supposta a luz a 45.º Para complemento do estudo sobre o assumpto, resta-nos indicar como são obtidas as cótas dos pontos topographicos, visto que sobre cótas de pontos trigonometricos já dissemos o necessario (n.º 355).

Analogamente ao que succede com as medições para esta-

[1] Esse ponto pode ser o de um edificio, ponte, etc, banhado pelas aguas.

belecimento da triangulação, os elementos para calculo das cótas dos pontos topographicos são obtidos, nas operações hydrographicas, na mesma occasião em que se procede ao detalhe da planimetria; assim: ao determinar a posição dos pontos principaes por qualquer dos methodos expostos (n.º 362), registaremos a inclinação sob que é feita a pontaria, inclinação que melhor será obtida, considerado um par de observações pela inversão da luneta; do mesmo modo se procederá ao determinar as posições complementares (n.º 363 e seguintes).

Para os pontos principaes, as cótas poderão ser obtidas fazendo a applicação do processo exposto no n.º 310, depois de conhecida a distancia horisontal entre a estação e o ponto visado; para os pontos complementares poderemos fazer uso do processo stadimetrico (n.º 314).

Trabalhando com a alidade auto-reductora de Peigné, a questão simplifica-se muito (n.º 165).

Por fim, como é conhecida a altitude de um dos pontos, estaremos habilitados a determinar a altitude do outro.

367 — Traçado das curvas de nivel para auxilio da representação da forma do terreno por normaes (n.º 263). — Concluida a planimetria, determinadas as altitudes dos varios pontos considerados, e calculado o correspondente valor da equidistancia natural, segundo a escala adoptada, reuniremos por curvas os pontos de egual elevação, passando depois ao traçado das normaes. Será esse o procedimento a adoptar em todos os casos, salvo os previstos na nota ao n.º 262.

NOTA. — E' de toda a vantagem esboçar as curvas á vista do terreno; só assim poderemos dar uma mais perfeita ideia do relevo, quando os pontos de altitude determinada guardem entre si distancias relativamente grandes.

368 — Configurado entre as linhas de preamar e baixamar. — As cartas hydrographicas, as unicas que costumam representar o terreno entre as linhas de baixamar e preamar, não indicam as cótas d'esta parte do terreno, o que pode realmente representar um grave defeito, principalmente em logares onde os desnivelamentos da agua sejam muito grandes, pois que n'esses casos pode algumas vezes a região comprehendida entre as duas linhas ser aproveitada para a navegação. O meio mais racional de definir o relevo do terreno n'essa região seria estabelecer ahi as cótas em relação ao plano do maximo baixamar, ao qual são tambem reduzidas as sondas.

Capitulo III — Hydrographia propriamente dita

§ 1 — TRABALHOS PREPARATORIOS

369 — Projecto de sondagens. — Como subsidios para o estudo de um projecto de sondagens nas convenientes condições, de modo a corresponder ás exigencias da navegação, poderemos apontar: os elementos colhidos de observação directa durante o reconhecimento prévio; todos os apontamentos que sobre o assumpto se tomem no decorrer das operações topographicas; informações dos indigenas da localidade, etc., etc.; e por ultimo o proprio estudo feito sobre o desenho da prancheta especial (n.° 361), depois de ahi collocados os pontos trigonometricos e topographicos, e traçadas as direcções a que nos referimos no n.° 363. Com taes conhecimentos estaremos, na maioria dos casos, habilitados a estabelecer um projecto de sondagem, traçando sobre a prancheta os alinhamentos ou enfiamentos de pontos terrestres e em que mais convem sondar, reconhecendo até mesmo a necessidade de assignalar mais pontos em terra ou no mar (n.os 215 a 218).

Como regra geral, aquelles alinhamentos ou enfiamentos devem, quanto possivel, ser normaes ao littoral, e quando haja necessidade de amiudar as sondagens n'uma dada região, só a pratica e um estudo prévio podem indicar as direcções mais convenientes. Se para o interior houver algum ponto notavel que possa ser visto de quasi todo o logar a sondar, poderemos aproveitar esse ponto, fazendo convergir para elle grande numero de direcções.

370 — Preparação e distribuição das embarcações para sondagens. — Verificadas as linhas de prumo, posta na embarcação a prancheta como se indicou no n.° 214, e havendo ainda a bordo d'aquella os necessarios sextantes, relogio, transferidor [1], etc., podemos dar começo aos trabalhos de sondagem já projectados. Quanto á distribuição das embarcações, depende ella da profundidade a determinar; assim: para sondagens com a vara de sonda bastará um peque-

---

[1] No «Appendice» indicaremos quaes os apparelhos e instrumentos de que deveremos munir uma embarcação prompta para trabalhos de sondagem.

no escaler; empregando o prumo de mão teremos necessidade de recorrer a embarcação de mais porte, como lancha ou escaler a vapor; por ultimo, para profundidades superiores a 50^m, teremos de sondar com o navio.

§ 2 — TRABALHOS NO MAR

371 — Procurar um alinhamento no mar; seguir esse alinhamento. — Traçando préviamente na prancheta especial um dado alinhamento, a elle levaremos a embarcação, navegando em direcção normal e medindo com o sextante, de tempos a tempos, os angulos entre tres pontos terrestres convenientemente escolhidos e marcando as respectivas posições na prancheta por meio do transferidor duplo. Quando attingido um ponto do alinhamento traçado, pararemos a embarcação ou melhor fundea-la-hemos. Tomada a posição correspondente sobre a prancheta, sobre esta mediremos o angulo formado, n'esse ponto, entre o alinhamento e a direcção para algum ponto visivel; levando então a alidade do sextante a esse angulo e observando o ponto visivel, determinaremos sobre a terra um ponto que esteja no alinhamento considerado. (1)

Determinada analogamente a posição opposta, teremos as necessarias referencias para seguir a conveniente direcção.

372 — Modo de obter uma sonda. (2) — Certo o relogio pela hora do logar, determinados os erros dos sextantes, preparados os observadores e prumadores, e escolhidos os pontos a observar (nos 330 e 331), serão, quanto possivel, simultaneas as seguintes operações:

— Leitura da vara ou linha pelo prumador.

— Observações dos dois angulos entre os tres pontos escolhidos.

— Leitura da hora dada pelo relogio.

Com os angulos medidos se collocará a posição na prancheta e logo á direita se escreverá o numero de ordem da sonda executada e qualidade do fundo. Quando d'essa collocação não resulte o reconhecimento de qualquer engano havido, escreveremos nas seis primeiras e decima columnas verticaes do registo

---

(1) Quando não haja ponto natural distinto, como : manchas na terra, pedras, arvoredo, etc., ou mesmo signal estabelecido, poderemos, como ultimo recurso, mandar assignalar posição conveniente.

(2) Qualquer dos processos rigorosos estudados nos n.os 343 a 346 pode ter applicação, limitando nos ao emprego dos sextantes por serem estes os instrumentos mais usados nas operações hydrographicas propriamente ditas.

(modelo F adeante apresentado) as indicações fornecidas pelas operações descriptas.

Do que foi dito se conclue que, para a exacta determinação de uma sonda, é necessario que haja: pessoa competente que prume ou, pelo menos, verifique a leitura da vara ou linha; dois observadoros experimentados que, attendendo a uma conveniente escolha dos tres pontos, procedam á medição rapida dos angulos; individuo que note a hora em que a sonda foi executada, e ainda pessoas competentes que se encarreguem dos trabalhos de transferidor e registo de todas as indicações obtidas. Com gente experimentada podem todas as operações descriptas ser feitas por tres pessoas, além do prumador.

NOTAS. — Ha vantagem em não usar de oculo nos sextantes, quando se observam pontos terrestres.

— Havendo um só observador com dois sextantes, ainda se poderão obter elementos, observando seguidamente as distancias angulares, depois de as alidades já estarem proximamente n'esses angulos; as leituras fazem-se no fim da observação.

— Havendo um unico sextante, pode-se proceder do seguinte modo, se um dos angulos variar pouco com os deslocamentos da embarcação: — Observe-se este angulo antes e depois de se medir o outro na occasião da sondagem; na maioria dos casos, bastará então tomar a media dos dois valores obtidos para a primeira distancia angular.

— Quando qualquer sondagem seja feita fóra do alinha mento seguido, deve essa circumstancia ser mencionada no respectivo registo.

373 — Intervallo a dar ás sondas em cada alinhamento. — O intervallo de duas sondas consecutivas é variavel segundo as circumstancias do fundo e importancia do local. Proximo de terra e sobretudo quando haja variações mais bruscas de fundo, será conveniente amiudar mais as sondas e mesmo intercalar alinhamentos auxiliares.

Para as costas do mar, podem-se estabelecer os seguintes affastamentos:

Em fundos menores que 10m.......	sondas affastadas de $\frac{1}{20}$ de milha
» » de 10m a 20m	» » » $\frac{1}{10}$ »
» » » 20m » 40m	» » » $\frac{1}{4}$ »
» » » 40m » 100m	» » » $\frac{1}{2}$ »
» » » 100m » 200m	» » » 1 »

374 — **Modo de sondar sem parar a embarcação.** — Quando os fundos sejam regulares e pequenos, e os observadores e guarnição estejam treinados, pode-se sondar sem parar a embarcação, observando-se só de 3 em 3, 4 em 4, etc. sondas. O patrão conta as remadas entre cada sonda e quem regista nota a hora e fundo; de tantas em tantas sondas observam-se os dois angulos e procede-se como se disse no n.º 372.

O serviço assim feito é muito expedito e tem a grande vantagem de a embarcação poder seguir mais facilmente o alinhamento ou enfiamento, quando haja ventos ou correntes. O numero de remadas é variavel para o mesmo intervallo linear, dependendo da maresia, vento e correntes, para a mesma força de remada; é preciso portanto estabelecer, em cada caminho, o regimen proprio, afim de que as sondas conservem uma analoga distribuição nas varias direcções seguidas.

NOTA. — Se a sondagem é feita á vela ou a vapor, o conveniente intervallo entre as sondas será apreciado, usando de relogio.

375 — **Registo de sondagens.** — O modelo *F*, que adeante apresentamos, pode servir para conveniente registo dos elementos relativos aos trabalhos de sondagem. Já no n.º 372 fizemos referencia a todas as columnas verticaes com excepção da 7.ª, 8.ª, e 9.ª. Na 8.ª se registam os erros da linha (n.º 190); a 7.ª e 9.ª só poderão ser preenchidas depois de conhecida a leitura da escala de marés correspondente á posição do plano de reducção (n.º 271). Esse plano terá de ser *definitivamente* o do zero hydrographico; mas, afim de podermos diariamente proceder a uma verificação das sondas, é costume adoptar um plano provisorio de referencia para todos os valores obtidos, reservando para occasião opportuna a definitiva reducção que então se traduz nas applicações de um mesmo valor a todas as sondas provisoriamente adoptadas.

Referem-se a esse plano provisorio de reducção, os elementos a escripturar diariamente, como se indicará nas columnas 7.ª e 9.ª

Quanto ás designações que encimam o modelo *F*, temos por intuitivo o seu preenchimento.

376 — **Outros trabalhos a executar que, interessando á hydrographia, podem ser feitos durante as sondagens:**

a) Avaliação de correntes. — Principalmente as superficiaes de velocidade superior a 1 milha por hora.

E' sobretudo na proximidade dos perigos que essa avaliação se torna mais necessaria. Vide n.ºs 223 a 225.

b) Exame completo do fundo. Vide n.ºs 219 a 222.

c) Vistas panoramicas. Vide n.º 266.

Modelo F

REGISTO DE SONDAGENS

Embarcação .... | Logar .... | Maré ....

Alinhamento .... para .... | Data ..... de .... de 190 .. | Corrente ....

Pontos do alinh.° { anterior .... / posterior .... | Assignatura de quem registou .... | Estado do mar .... / Vento ....

N.° da sonda	Horas e minutos tempo m.°	Observadores dos angulos da esq.ª e da dir.ª	PONTOS OBSERVADOS		Angulos	Sonda indicada pela linha	Correcções de reducção	Correcções d'erros da linha	Sonda adoptada	Qualidade do fundo
(1)	(2)	(3)	(4)		(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
					° '					
		(E)	(E)	(C)						
		(D)	(C)	(D)						
		(E)	(E)	(C)						
		(D)	(C)	(D)						
		(E)	(E)	(C)						
		(D)	(C)	(D)						
		(E)	(E)	(C)						
		(D)	(C)	(D)						
		(E)	(E)	(C)						
		(D)	(C)	(D)						
		(E)	(E)	(C)						
		(D)	(C)	(D)						

d) Determinação de enfiamentos ou *direcções azimuthaes de pontos terrestres* e que possam ser utilisadas para definir caminhos a seguir, resguardos a dar a perigos, etc.

377 — Conclusão dos trabalhos hydrotopographicos. — Como dissemos no n.º 375, as sondas adoptadas não são as que propriamente se chamam reduzidas. Essa reducção provisoria tem, como affirmámos, a vantagem de nos fornecer um meio de, no proprio dia, ajuizar das variações do fundo e mesmo verificar posteriormente qualquer sonda que reputemos menos exacta, attendendo aos valores das sondas proximas.

Afim de dar á nossa exposição uma ordem mais conveniente, reservamos para o *Livro III* o estudo que agora nos falta para completo resumo das operações a cumprir n'um levantamento hydrotopographico regular.

N'esse livro trataremos do phenomeno das marés e indicaremos os processos a seguir nas determinações astronomicas.

PARTE QUARTA

HYDROGRAPHIA IRREGULAR

Capitulo I — Levantamentos na hypothese de se poder desembarcar

§ 1 — LEVANTAMENTO A SEXTANTE

378 — **Generalidades.** — Se o estudo hydrographico não pode assentar em trabalhos regulares, como os que foram descriptos na *Parte terceira* d'este *Livro*, por não haver o necessario pessoal e material ou ainda por falta de tempo, o levantamento diz-se *irregular*, cabendo-lhe na maioria dos casos a denominação de *expedito*, por ser executado rapidamente. Um levantamento pode ainda tomar o nome de *reconhecimento*, quando se limite a operação de rapida execução e pouco rigôr.

Apesar de tudo, a hydrographia irregular tem prestado valiosos elementos á cartographia, podendo dizer se que a maioria das cartas de costa maritima hoje existentes foram executadas segundo os processos de hydrographia expedita.

As bases dos trabalhos são ainda aqui os triangulos em que se suppõe dividido o terreno e ás vezes mesmo a parte maritima; mas attendendo ao pouco rigôr, as resoluções poder-se-hão fazer muitas vezes pelos processos graphicos. Os exemplos de taes levantamentos são innumeros; apresentaremos n'esta *Parte* alguns mais typicos, visto que só a pratica e uma aptidão especial poderão orientar convenientemente as operações na maioria dos casos.

379 — **Levantamento a sextante.** — Seguindo o exposto no *capitulo I da Parte terceira* d'este *Livro* vejamos as alterações a introduzir:

a) *Reconhecimento prévio; projecto de triangulação e estabelecimento de signaes.* Operando como se indicou nos n.^{os} 348 a 350, procedendo por forma muito expedita e empregando geralmente o sextante nos trabalhos de reconhecimento.

b) *Medições geodesicas e astronomicas.* — Na medição da base poderemos empregar a sondareza (n.º 123) ou o processo do n.º 136.

Quanto ás medições de angulos entre pontos terrestres procederemos como se indicou no n.º 85.

A determinação do azimuth de um lado da triangulação será feita segundo os preceitos que exporemos no *Livro III*, na parte relativa ás determinações astronomicas.

NOTA. — Nos levantamentos a sextante, raras vezes se attende ao configurado, salvo nos casos em que possamos dispôr de alidade eclimetro.

c) Determinação das coordenadas rectangulares dos vertices. São applicaveis a este caso as considerações feitas nos n.os 353 e 354.

d) Collocação dos pontos trigonometricos na prancheta. Segue-se n'esta operação, quanto possivel, o preceituado nos n.os 357 a 360.

e) Topographia. Empregar-se-hão, quanto possivel, na determinação dos pontos principaes e complementares, os methodos descriptos nos n.os 334 a 340, substituida a prancheta pelo sextante e attendendo ao que foi dito nos n.os 362 a 365, na parte applicavel ao caso supposto.

f) Hydrographia propriamente dita. Siga-se nas respectivas operações o que foi exposto nos n.os 369 a 376.

NOTAS. — Nos trabalhos de sondagem pode ser utilisado com vantagens o processo do n.° 347 *a)*.

— E' conveniente accentuar que os levantamentos expeditos d'esta natureza, a maioria d'elles de grande utilidade para a navegação, se podem fazer só com os recursos de bordo em muito pouco tempo. Havendo ordem e muito methodo, e procedendo simultaneamente aos trabalhos topographicos e hydrographicos, não será difficil em dois dias levantar uma bahia de meia milha de extensão, adoptada a escala de $\frac{1}{10000}$ ou mesmo $\frac{1}{5000}$.

§ 2 — EXEMPLO DE UM LEVANTAMENTO OU RECTIFICAÇÃO DE PARTE D'UMA COSTA

380 — Processo sem intervenção de observações astronomicas. — Consideremos a Fig. 177.

— N_1, N_2 e N_3 são successivas estações do navio.

Trabalhos executados

Em N_1:

- em terra: collocação de bandeirolas A, B, C e D (os pontos E e F dominantes e marcados naturalmente); medição em A, e a sextante, dos angulos N_1AC, N_1AB e N_1AE, bem como da altura angular da mastreação. Medição em B, C e E, respectivamente, dos angulos N_1BA, N_1CA e N_1EA.
- no mar: marcação, com a agulha, dos pontos A, F e extremo da ponta T. Medição dos angulos AN_1C, AN_1B e AN_1E.

O navio segue depois para N_2 (enfiamento BE).

Em N_2 (sem desembarcar) { medição, a sextante, dos angulos AN_2B e BN_2C para bem definir, sobre o enfiamento BE, a posição N_2; direcções azimuthaes para F, D e pontos T e T'.

O navio segue depois para N_3 (enfiamento AC).

Em N_3 {
em terra: medição em D da altura angular da mastreação e do angulo N_3DE.
a bordo: medição do angulo AN_3E que melhor define a posição do ponto N_3 sobre o enfiamento AC; medição de EN_3D; direcções azimuthaes para D, F etc.

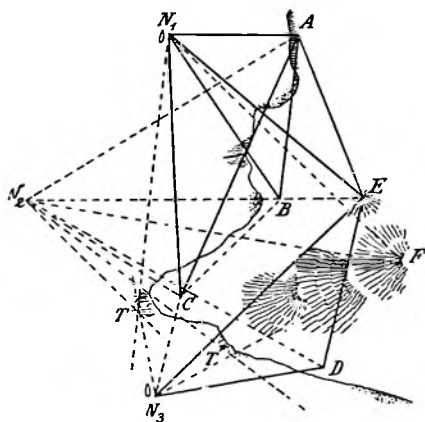



Fig. 177

Com os elementos obtidos e concluida a resolução dos triangulos de base N_1A, facil será desenhar o contorno da costa, recorrendo, quanto aos detalhes, a esboços feitos em terra e no mar. A linha N_3D será uma base de verificação.

381 — Processo pelo aproveitamento de observações astronomicas.—As determinações geographicas podem prestar valioso auxilio de rectificação, quando combinados convenientemente os azimuths.

Se a costa corre *N-S*, teem particular importancia as determinações de latitudes e de azimuths reciprocos.

Se a costa corre E-W serão utilisaveis os azimuths reciprocos e as differenças de longitudes, etc., etc.

Capitulo II — Levantamentos na hypothese de se não poder desembarcar

§ 1—LEVANTAMENTO DE BAHIA POUCO EXTENSA

382 — Triangulação. — Na hypothese formulada de se não desembarcar, supponhamos por exemplo uma bahia como a representada na Fig. 178.

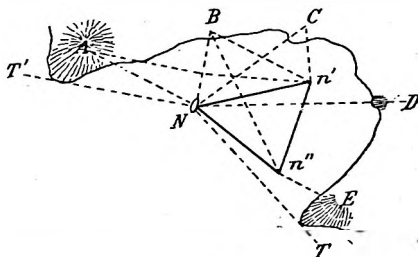



Fig. 178

N, n' e n'' são respectivamente o navio e duas embarcações, estando tanto estas como aquelle convenientemente amarrados.

A, B, C, D e E são pontos principaes escolhidos no littoral.

Considerado o triangulo fundamental $Nn'n''$, medem-se nos vertices (1) os respectivos angulos, bem como as distancias angulares entre os lados d'esse triangulo e os pontos principaes escolhidos. Marcadas, do navio, tangencias como NT e NT'; determinado o azimuth (2) de uma das direcções NA, NB, NC

---

(1) Todas as medições devem ser feitas da prôa.

(2) Vide *Livro* III, parte relativa á determinação dos azimuths.

etc. e medidos os lados *Nn'* e *Nn''* pela altura angular da mastreação, teremos os necessarios elementos para determinar as posições relativas dos pontos principaes escolhidos, pontos definidos por dois logares geometricos pelo menos.

As duas embarcações *n'* e *n''* podem ser depois substituidas por boias, quando queiramos empregar aquellas em trabalhos posteriores.

383 — Pormenores e contôrnos. Sondagens e indicações complementares. — Os pormenores podem ser dados por novas estações secundarias cujas posições se determinam pelas anteriores ja conhecidas, devendo dar-se preferencia aos vertices do triangulo fundamental.

Sempre que fôr preamar ou baixamar, avaliaremos nas estações mais proximas as distancias á praia, o que muitas vezes se obtem facilmente, empregando fluctuadores ligados a uma linha de barca ([1]).

As sondagens podem ser feitas segundo alinhamentos ou enfiamentos, como já foi indicado no n.º 369, ou irradiando do navio, usando o processo do n.º 347 *a*). N'este caso poderá a embarcação que pruma utilisar o modelo *F* com as convenientes modificações; no navio deve, porém, haver um registo especial onde se escripture para cada sonda: o numero de ordem d'esta, a hora, a direcção azimuthal para a embarcação, e a prôa do navio.

A reducção das sondas terá naturalmente de ser feita pelos elementos colhidos, prumando-se seguidamente e sempre no mesmo logar.

Durante as operações de sondagem se pode completar a topographia em novas direcções, executar os trabalhos a que fizemos referencia no n.º 376, e definir melhor a linha do preamar ([2]).

§ 2—LEVANTAMENTO DE UMA PORÇÃO DE COSTA

384 — Levantamento de uma enseada extensa e muito aberta. — N'este caso poder-se-ha desenvolver uma triangulação no mar, empregando, para mais facilidade, tres embarcações pelo menos. Ao mesmo tempo que se faz o de-

([1]) Quando haja vento favoravel, poderá elle ser aproveitado, munindo o fluctuador de disposição que faça o effeito de uma vela.

([2]) A do baixamar virá algumas vezes definida, em grande parte, pela reducção das sondas.

talhe do littoral por meio da triangulação, se pode ir sondando quando as embarcações mudam de logar.

A Fig. 179 dá uma ideia de tal processo.

No primeiro triangulo considerado *Nab*, cujos vertices são

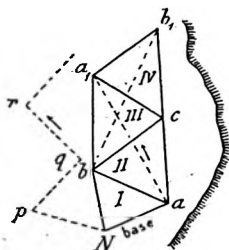



Fig. 179

o navio e duas das embarcações empregadas, se determinaram os lados *aN* e *bN* pela altura angular da mastreação, e os angulos respectivos. No segundo triangulo *abc*, cujos vertices são as tres embarcações, se mediram os devidos angulos, e como é já conhecido o lado *ab*, o mesmo triangulo poderá ser resolvido numerica ou graphicamente.

Mudada a embarcação *a* para a_1, teremos novo triangulo bca_1, cuja resolução se fará por forma analoga á seguida com o triangulo *II* etc. Dos differentes vertices e considerados os lados da triangulação, mediremos distancias angulares entre esses lados e as direcções para pontos principaes do littoral, procedendo assim ao detalhe da topographia. Do navio *N* determinaremos o azimuth de uma das direcções para ponto em terra.

O trabalho de sondagens será executado pelas embarcações ao mudar do fundeadouro e ainda, ao largo, pelo navio, quando seja dispensada a sua posição em *N*.

O estudo dos pormenores, linhas do preamar e baixamar etc. pode ser feito, como se indicou no n.º 383.

NOTA. — Poder-se-ha evidentemente proceder ao desenvolvimento da triangulação, empregando apenas duas embarcações e o navio, formando este naturalmente os vertices de fóra.

385. — Levantamento «sob vela». — Ainda na hypothese de não haver desembarque e supponto que por qualquer circumstancia se não empregam as embarcações miudas

do navio, o levantamento de uma porção de costa pode ser feito usando do processo que vamos expôr, processo que teve grande voga na antiga marinha de vela.

Supponhamos, Fig. 180, *T*, *D*, *C*, *E*, etc. a porção de

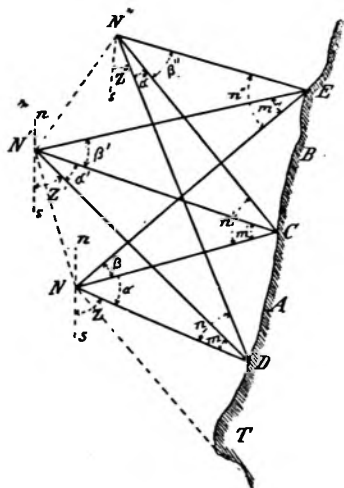



Fig. 180

costa a levantar. Seja *N* a primeira posição do navio; ahi se farão as seguintes medições[1], considerados pelo menos tres pontos em terra:

Em *N* {
- Azimuth *Z* do ponto *D*, sempre que seja possivel, por observações astronomicas[2].
- Altura angular do mesmo ponto *D*.
- Angulo $DNC = \alpha$.
- » $CNE = \beta$.
- Angulos entre *A*, *B*, *T*, etc. e os pontos principaes *D*, *C* e *E*, ou marcações magneticas d'aquelles pontos.

(1) Para uma conveniente verificação, é de toda a a vantagem registar as horas em que são feitas todas essas medições.

(2) Vidè *Livro III*, parte relativa á «Determinação do azimuth».

O navio segue depois para N', fazendo-se a estima entre N e N', sondando e medindo angulos entre os pontos em terra.

Em N':
- Azimuth Z' do ponto D, sempre que seja possivel, por observações astronomicas.(1)
- Altura angular do ponto C.
- Angulos α' e β'.
- Angulos entre A, B, T etc. e os pontos principaes D, C e E, ou marcações d'aquelles pontos.

O navio segue depois para N'', fazendo-se a estima entre N' e N'', sondando e medindo angulos entre os pontos em terra.

Em N'', medições analogas ás feitas em N e N'. Com os angulos já conhecidos determinaremos os valores:

em D	em C	em E
$m = Z - Z'$	$m' = (\alpha - \alpha') + m$	$m'' = (\beta - \beta') + m'$
$n = Z - Z''$	$n' = (\alpha - \alpha'') + n$	$n'' = (\beta - \beta'') + n'$

Calculados esses angulos, aproveitadas ainda as outras medições feitas, e arbitrando um valor para a distancia ND, estaremos habilitados a resolver numerica ou graphicamente o problema construindo, em escala conveniente, figura semelhante á que se considera no mar.

A resolução numerica traduz-se n'uma resolução de triangulos, trabalho moroso que raras vezes se executa, por isso que podemos graphicamente, com relativa facilidade, obter a figura desejada. Para isso arbitrando um valor a ND, traçaremos em papel millimetrado e em verdadeira orientação as linhas ND, NC, NE, DN' e DN'' (a cheio na Fig. 181).

Sobre duas folhas distintas de papel transparente serão respectivamente considerados os pontos N' e N'' como vertices dos devidos angulos medidos. Collocadas estas folhas sobre o papel millimetrado, e levando á sobreposição as direcções $N'D$ e as $N''D$ traçadas, bastará, considerada essa sobreposição, deslocar convenientemente as folhas de papel transparente até que as direcções convenientes NC, $N'C$ e $N''C$ determinem um unico ponto C e as $N''E$, $N'E$ e NE uma unica posição E.

(1) Vidé *Livro III*, parte relativa á «Determinação do azimuth».

Os pontos complementares e os logares de sondagem serão depois determinados pelos angulos medidos ou marcações feitas.

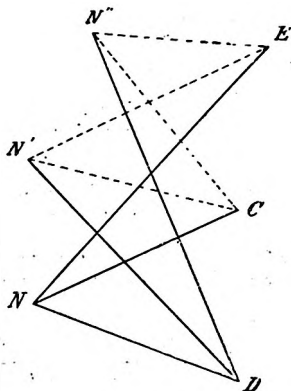



Fig. 181

NOTAS. — A distancia *ND* pode ser determinada com aproximação, empregando o processo do n.º 298.

—Pelas alturas angulares observadas, poderemos chegar á determinação aproximada das altitudes dos pontos principaes escolhidos no littoral (n.º 313).

—Para se fugir ás indeterminações na resolução do problema, é preciso escolher os pontos e as posições do navio por forma que não estejam n'uma mesma curva do 2.º grau, o que se evita sempre que as duas linhas passando pelas posições do navio e pelas dos pontos em terra fôrem parallelas, ou uma recta e outra polygonal.

—Se um dos trajectos, *NN'* por exemplo, Fig. 180, fôr feito n'um enfiamento, de pontos fixos, determinado o azimuth d'esse enfiamento. a resolução do problema será mais facil e rigorosa. Um dos pontos d'aquella direcção pode ser estabelecido artificialmente, por meio de boia.

386 — Levantamento do contorno de uma ilha [1]. — Qualquer dos processos de hydrographia irregular até agora

[1] Na hypothese de se não poder desembarcar. Sendo possivel e convindo o desembarque, veja se o que foi dito no *Capitulo I* d'esta *Parte quarta*.

apontados pode ter applicação a este caso. Como particularidade citaremos uma importante medição a fazer, sempre que seja possivel: em todas as estações do navio no seu caminho de exploração em torno da ilha, quando haja um pico mais elevado, deveremos notar o seu azimuth e altura angular; ter-se-ha assim um meio simples de determinação das posições do navio em volta d'esse pico, o que torna mais rigorosa a ligação dos varios levantamentos parciaes.

As tangencias teem n'estes trabalhos uma importancia capital.

§ 3 — LEVANTAMENTOS DE RIOS, ESCOLHOS, BAIXOS, ETC.

387 — Levantamento de um rio.

a) *Havendo uma só embarcação.* Sobe-se o rio e desce-se, em identicas condições de corrente.

Em cada percurso se registam os caminhos, rumos, direcções azimuthaes para pontos importantes das margens, sondas executadas, distancias arbitradas á terra e horas correspondentes a todas essas medicações feitas. Um esboço á vista completará, com as suas indicações, os necessarios elementos para a construcção graphica da figura semelhante.

Quando haja ponto distante e visivel de muitas posições do caminho a fazer, tomaremos d'esses logares direcções azimuthaes para aquelle ponto, obtendo assim mais um logar geometrico para definir cada uma d'aquellas posições.

Succede geralmente não se dar a coincidencia dos caminhos $PQRS$ e $SR'Q'P'$, Fig. 182, seguidos pela embarcação em cada um dos percursos de subida e descida do rio. A compensação far-se-ha naturalmente, adoptando um caminho medio $SR_1Q_1P_1$.

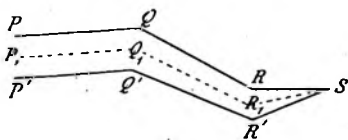



Fig. 182

b) *Havendo duas embarcações.* Estabelecida ao alto, n'uma d'essas embarcações, uma antenna elevada com signal no topo, munida a outra de uma boa agulha azimuthal, e havendo sextantes a bordo de ambas, começaremos por fundea-las em posições convenientemente affastadas e geralmente segundo o eixo do rio. A direcção e grandeza da linha que une as duas embarcações serão obtidas determinando com a agulha ou astronomica-

mente ([1]) o azimuth d'essa linha e calculando a distancia pela altura angular da antenna (n.º 297). Das duas embarcações se medirão a sextante os angulos entre aquella linha e as direcções para pontos da margem. Uma das embarcações irá então procurar novo fundeadouro em posição conveniente, repetindo-se depois as operações anteriormente indicadas e assim successivamente, havendo a mudança alternada de fundeadouro para cada uma das embarcações, e segundo o eixo do rio.

Os trabalhos de sondagem serão executados pelo escaler nos percursos a fazer, explorando bem o fundo e usando do processo do n.º 347 *a)*.

NOTAS. — Se o rio é muito grande, é indispensavel que se determinem bem as coordenadas geographicas do principio e do fim do trajecto. Qualquer differença encontrada nas posições, a dada por essas coordenadas e a obtida pelo levantamento propriamente dito, será racionalmente distribuida por todo o traçado feito ([2]).

— Temos considerado em todo este capitulo II a hypothese de se não desembarcar. Sendo possivel e convindo o desembarque, o levantamento será executado segundo os preceitos, que deixámos expostos no capitulo I

388 — Levantamento do contorno de um escolho ([3]) **de pequenas dimensões.** – Uma só estação poderá, algumas vezes, bastar.

Fundeado o navio o mais proximo possivel do escolho; determinada a posição d'aquelle em relação á terra ou astronomicamente quando affastado d'esta; e empregando, por fim, para cada ponto do contorno, processo como o do n.º 300 e correspondente azimuth, poderemos obter todo o contorno requerido.

Se não é possivel fundear, poder-se-ha, em alguns casos, estabelecer uma triangulação com, pelo menos, duas embarcações além do navio, dando por fim tangencias de cada um dos vertices para o contorno do escolho, e arbitrando distancias aos pontos mais proximos.

As sondagens são feitas consoante as circumstancias, podendo ser aproveitado o processo do n.º 347 *a)*, quando o navio tome fundeadouro.

389. — Estudo hydrographico de um baixo affas-

([1]) Vidé *Livro* III, parte relativa á «Determinação do azimuth».

([2]) Analogamente ao que se fez no caso do n.º 340, quando ha fecho n'uma linha polygonal.

([3]) Tomamos a palavra *escolho* na accepção particular de rochedo á flôr do mar.

tado da terra. — Consideremos sobre o assumpto alguns casos especiaes:

—Se o baixo é pouco extenso e de profundidade que permitta fundeadouro para embarcação, poder-se-ha empregar com vantagem o methodo de irradiação (n.º 347 *a*) para estudo bathymetrico e lithologico do fundo.

—Se o baixo fôr extenso e sobre elle houver agua sufficiente para fundear embarcação ou boias, poder-se-ha empregar processo como o do n.º 384.

—Tratando-se de um baixo pouco profundo e de rebentação, está naturalmente indicado o processo do n.º 388.

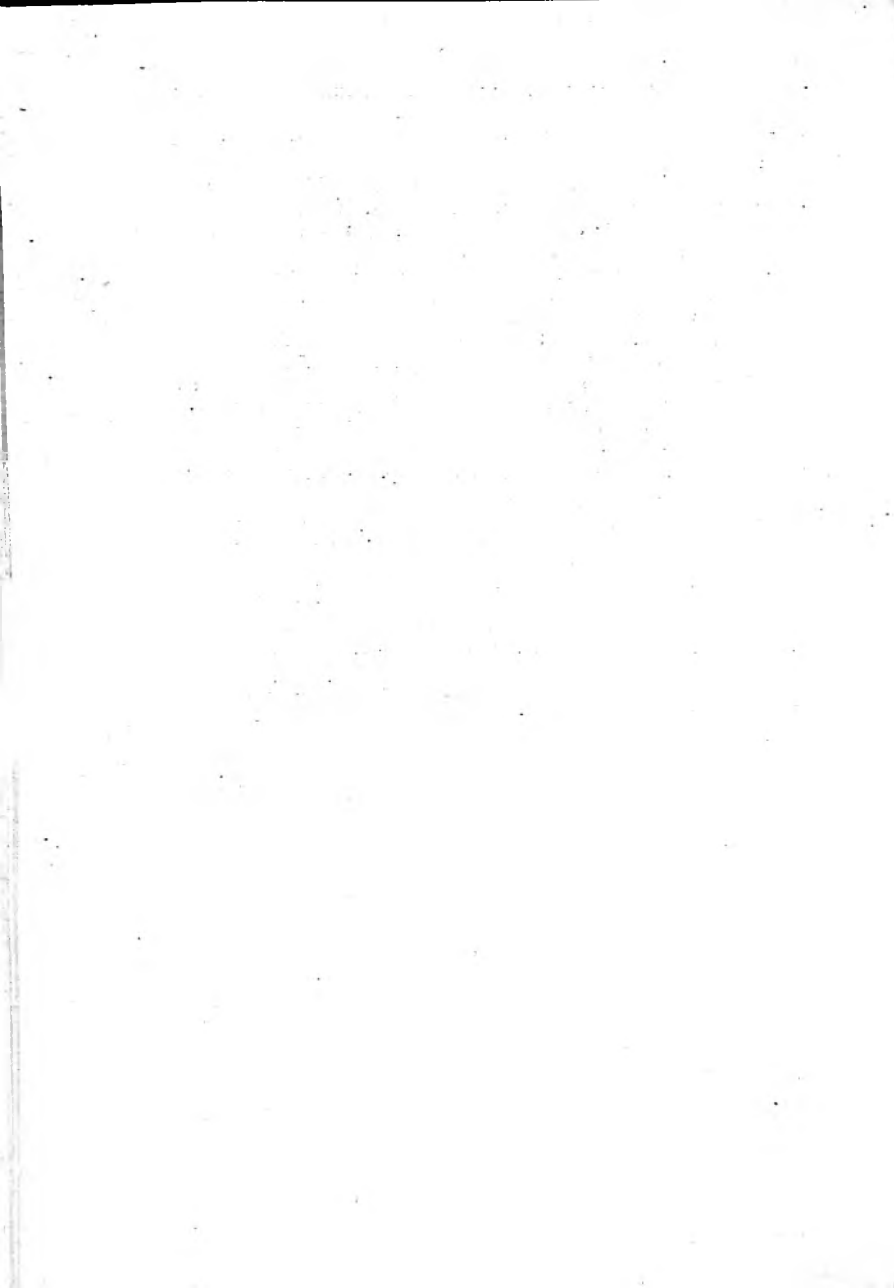
—Em todos os casos haverá necessidade de determinar as coordenadas geographicas de um ponto importante, ponto que será naturalmente o correspondente á corôa mais elevada. Usar-se-ha n'essa determinação de um dos processos mencionados no n.º 347 e que convenha ser applicado, attendidas as circumstancias.

NOTAS. — E' de grande utilidade verificar se as marés teem grande amplitude, para não deixar de fazer reducções aproximadas ás sondas.

Na busca de um baixo muito affastado da terra, convem empregar apparelho para sondar em grandes profundidades; só assim, por successivas prumadas, se chega ao fim desejado, evitando o risco de se perder muito tempo em explorações infructiferas.

390. — Determinação das coordenadas geographicas de um monte para o interior da costa. — Nas circumstancias mais favoraveis, quando o navio possa tomar duas posições d'onde marque o monte respectivamente por $\left\{\begin{matrix} N\text{—}S \\ \text{e} \\ E\text{—}W \end{matrix}\right.$, as coordenadas geographicas do mesmo monte ficarão conhecidas depois de determinadas a $\left\{\begin{matrix} \text{longitude} \\ \text{e} \\ \text{latitude} \end{matrix}\right.$ do navio respectivamente na $\left\{\begin{matrix} \text{primeira} \\ \text{e} \\ \text{segunda} \end{matrix}\right.$ posições.

Fóra das circumstancias que apontámos, procuraremos, quando seja possivel, uma das posições indicadas; a outra será escolhida de forma que a direcção azimuthal do monte, visto d'esta posição, intercepte a linha determinada (parallelo ou meridiano) segundo um angulo superior a 30.º As coordenadas d'esta ultima posição, o azimuth segundo o qual d'ella se marca o monte, e a latitude ou longitude d'este, obtida como dissemos, determinarão a posição geographica pedida.

Nos casos geraes são precisas duas estações de posição determinada e os respectivos azimuths do monte observado d'essas posições.

PARTE QUINTA

DESENHO DAS CARTAS E PLANOS

Capitulo I — Processos empregados n'este desenho

§ 1 — CONSTRUCÇÃO DOS PLANOS HYDROGRAPHICOS

391. — **Desenho dos trabalhos regulares.** Deve empregar-se n'este desenho o papel forrado a panno, convenientemente estirado e sem o molhar.

Consideremos separadamente cada um dos casos suppostos no n.º 357.

a) O desenho definitivo é na mesma escala do levantamento. Tome-se a necessaria porção de papel que abranja o desenho de todas as pranchetas; tracem-se n'aquelle as meridianas e perpendiculares que figuram nas mesmas pranchetas, segundo os preceitos do n.º 359; marquem-se os pontos trigonometricos pelos valores das respectivas coordenadas rectangulares obtidas pelo calculo (n.º 360). Os pontos principaes e complementares serão collocados dentro de cada quadrado pelos valores das respectivas distancias á meridiana e á perpendicular deduzidas graphicamente.

Contornos e posições de sondas serão copiados por qualquer dos processos do n.º 235.

b) O desenho definitivo é em escala sub-dupla da do levantamento. Procede-se, na collocação dos pontos trigonometricos, principaes e complementares, por forma analoga á exposta no caso anterior. As posições das sondas são marcadas usando do transferidor (n.º 234) e os contornos dados a pantographo (n.os 240 a 242).

392. — **Desenho dos trabalhos expeditos.** — O que no n.º anterior dissemos sobre trabalhos regulares pode ter applicação aos levantamentos expeditos.

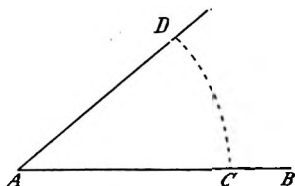
No caso do n.º 379 ou, mais geralmente, sempre que haja pontos trigonometricos, deverão estes ser collocados no papel do desenho pelo valor das suas coordenadas rectangulares; quando, porém, para os vertices de uma triangulação se não tenham calculado aquellas coordenadas, transportaremos essa

triangulação para o desenho definitivo, pelo valor dos lados de cada triangulo a considerar, processo que pode evidentemente ser applicado a qualquer ponto sempre que seja vertice de um triangulo regularmente conformado, escolhidos para os restantes vertices dois outros pontos já marcados.

393.—**Traçado dos angulos no desenho.** — Deve-se, quanto possivel, evitar a construcção dos triangulos aproveitando valores dos angulos respectivos; são varias, em taes casos, as causas de erro, algumas de effeitos importantes em dadas circumstancias. Pode, comtudo, aquella construcção ser necessaria em casos especiaes como, por exemplo, o de se querer desenhar a triangulação expedita sem calculo prévio dos dois lados restantes de um triangulo considerado, no qual apenas é conhecido um lado e os angulos observados.

Um angulo traça-se, rigorosamente, pelo conhecimento da sua tangente natural, adoptando-se um certo valôr para raio da circumferencia escolhida; quanto maior é esse valôr tanto maior será o rigôr do angulo obtido. Tem este processo, porém, o inconveniente de exigir o traçado da perpendicular no extremo do raio, operação sempre delicada.

Fig. 183

O processo mais recommendavel é, sem duvida, o das cordas: — Querendo, por exemplo, sobre uma recta AB, Fig. 183, traçar um angujo θ de valor dado e com o vertice em A, começaremos por fazer centro n'este ponto descrevendo com um raio r o arco CD. A corda K, correspondente ao angulo θ, tem, como se sabe, por valor:

$$K = 2r \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}$$

portanto, se nós tornarmos $\overline{CD} = K$, a recta AD fará com AB um angulo egual ao pedido.

NOTAS. — Quanto maior fôr r, mais rigoroso será o traçado.

—Ha tabellas especiaes que resolvem a formula anterior, considerado um certo valor de r.

—Este processo pode prestar um auxilio valioso no traçado do n.º 329, *1.º*) e *2.º*), sempre que se exija um grande rigôr.

§ 2—CONVENÇÕES PARA O DESENHO HYDROGRAPHICO

394. — **Convenções para o desenho a traço.** — Quando é grande a escala do desenho, ha necessidade em representar certas particularidades da planimetria, tanto na parte topographica como na hydrographica. Essa representação é feita pelos signaes convencionaes adeante apresentados [1].

Quanto ao configurado já dissemos o bastante no n.º 263.

395. — **Aguadas a escuro.** — Já no n.º 264 dissemos alguma coisa sobre o assumpto, tratando-se do relevo do terreno.

E' geralmente recommendado fazer primeiro a planimetria a traços de Nankim e dar depois as aguadas; comtudo, quando a tinta não seja bôa, convirá inverter a ordem d'esses trabalhos.

As aguadas tambem podem servir para tornar mais distinta a parte do terreno que fica entre as duas linhas, do preamar e do baixamar: — se se dér uma aguada leve sobre a parte do terreno que fica a descoberto no baixamar e depois outra, só na parte que fica a descoberto no preamar, resolveremos a questão proposta.

396. — **Convenções para o desenho a côres.** — O emprego de varias tintas, para definir particularidades do terreno, dá um bello aspecto ás cartas, mas não serve tal processo para se tirarem reproducções photographicas as mais perfeitas, nem aproveitam directamente ás copias para o desenho lithographico ou gravura a traço, como é mais frequente fazer-se. Apresentamos comtudo as convenções estabelecidas:

Arvores; bosques; florestas: — azul e gomma gutta, 1:3.

Campos: — gomma gutta e azul, 1:3.

Mattos; pastagens: — a tinta empregada para as florestas, mais aguada.

Terras lavradas: — terra de Sienne (aguada).

Charnecas: — aguada verde matizada a carmim e a verde mais carregado.

Hortas: — partes eguaes de verde e vermelhão.

Alvenarias: — carmim com traços mais carregados.

Construcções de ferro: — azul.

Construcções de madeira: — sepia.

Rios; ribeiros; canaes; lagoas: — aguada azul fraca desde a linha de baixamar; ou esta linha e a do preamar esbatidas para fóra a azul.

---

[1] Esses signaes são copiados das «Instrucções para levantamentos hydrographicos no ultramar» (ordem da armada n.º 2, serie A de 1898)

Pantanos: — aguada verde com laivos amarellos e de verde mais escuro.

Areia: — aguada a gomma gutta e algum carmim; as dunas sombreadas a sepia.

Terrenos penhascosos: — aguada a sepia com manchas mais escuras.

Lôdo: — aguada a pardo.

Vinhas: — sepia e traços de terra de Sienne.

Agua do mar: — verde garrafa (no todo ou apenas um esbatido para fóra das linhas do preamar e baixamar).

Arrozaes: — verde bexiga com laivos mais carregados.

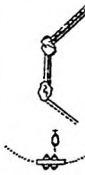
397. — Convenções para as differentes qualidades de fundo. — Ha lettras para, convencionalmente, representarem as differentes qualidades de fundo; quando elle é mixto, põe-se primeiro a lettra que designa a qualidade mais principal e depois a outra ou outras.

Podemos dar as seguintes convenções:

a — areia; *c* — conchas; *l* — lôdo; *cs* — cascalho; *cl* — calhau; *b* — burgalhão; *p* — pedra; *cr* — coral; *py* — polypos; *vg* — vegetaes; *g* — globigerinos; *vs* — vasa; *dv* — depositos vulcanicos.

As variedades: fino, grosso, molle e duro, podem ser designadas respectivamente pelas lettras: *f*, *g*, *m*, *d*. Exemplo: *afl* designará: areia fina e lôdo.

398 — Legendas e indicações. — Todos os pontos que, além das convenções, precisem indicações escriptas: — nomes de pontas, rios, montes, etc., devem ser acompanhados dos respectivos lettreiros.

Os nomes dos rios escrevem-se no sentido do seu eixo e todos os outros, em geral, á direita do logar a que se referem e parallelamente á margem inferior do desenho. Deve-se evitar que os nomes do terreno fiquem sobre a parte que representa a agua.

Conforme a importancia dos logares, assim a grandeza e typo de lettra a empregar. Ha regras para a escolha d'essa grandeza e typo; mas, em geral, muito depende ella do gosto do desenhador.

§ 3 — CONSTRUCÇÃO DAS CARTAS REDUZIDAS PARTICULARES E DAS CARTAS CENTRAES

399 — Aproveitamento dos planos hydrographicos para construcção das cartas reduzidas. — Se o trabalho regular é de extensão superior a duas dezenas de milhas e a região levantada se encontra em elevadas latitudes, será já conveniente, para os usos da navegação, substituir a projecção

SIGNAES CONVENCIONAES PARA AS CARTAS HYDROGRAPHICAS

(n.º 394)

Capital de provincia
» de districto
Séde de concelho, de residencia ou de capitania mór
Povoação importante
Forte ou estação
Missão
Pequena povoação
Pyramide de 1.ª ordem
» de ordem inferior
Edificio de alvenaria ou madeira
Idem servindo de ponto trigono.co
Edificio notavel
Herdade ou grande propriedade
Fabrica
Igreja sendo freguezia: dentro da povoação
Igreja sendo freguezia: isolada
Igreja sendo freguezia: servindo de ponto trigono.co
Pharol
» servindo de ponto trigono.co
Forno de cal
Moinho de vento
Idem servindo de ponto trigono.co
Azenha

Mina em exploração
Fonte ou nascente
Idem de aguas mineraes
Barco pharol
Balisas
Boia indicando perigo
» de sino
» pharol
» distintivo
Navio afundado
Estação salva-vidas
Rochedo acima d'agua
» debaixo d'agua
» á flôr d'agua
» cuja posição é duvidosa — PD
» cuja existencia é duvidosa — ED
Corrente 2 milhas
» de maré
Onde começa a ser navegavel
Até onde chegam as marés
Direcção da corrente
Amarração
Porto

Ancorad.º para grandes embarcações
» pequenas »
Cabo submarino
Telegrapho
Caminho de ferro em explor.ão
» de ferro projectado
Aqueducto
Entrincheiramento
Estrada
Cam.º vicinal ou transversal
Caminho particular
Tunnel e estação
Marco de legua kilometrica
Rios e ribeiras
Vau a pé
» a cavallo
» para carro
Alpondras
Barca de passagem
» com cabo de vae-vem
Cachoeira vencivel
» invencivel

Açude
Enseadeira
Passagem ou portada
Ponte volante
» de barcos
» de madeira
» de ferro
» de pedra
» de pontões
Pescaria
Armação de pesca
Valla
Limite de maximas cheias
Muro
Linha de 6m ou 3 braças
» de 9m ou 5 braças
» de 18m ou 10 braças
Rocha
Areia
Lodo
Aguas
» estagnadas

Marinhas de sal
Bancos de pedra sempre cobertos
Mattas, arvoredos, florestas
Mangal
Dunas
Palmeiras, coqueiraes
Cazuarinas
Bancos de coral (que cobrem e descobrem)
Bancos de rocha (que cobrem e descobrem)
Bancos de pedra (descobertos no baixamar)
Recifes, rebentação
Linha de resguardo

LIMITES

Provincia
Districto
Concelho
Capitania-mór
Diocese
Comarca

plana pela de Mercator. Consideremos pois o caso (aliás pouco frequente nos estudos a que mais geralmente é obrigado o official de marinha) em que ha muitas pranchetas ou desenhos de varios levantamentos hydrotopographicos de uma mesma costa, e se quer fazer a carta reduzida respectiva a um levantamento total abrangendo os successivos trabalhos executados.

Os processos a seguir são, por sua ordem, os que adeante apontamos.

1.°) *Calculo das escalas.*

a) *escala das longitudes.* Chamemos $\frac{1}{n}$ á escala dos varios levantamentos hydrotopographicos parciaes e supponhamos que se quer a carta reduzida particular na relação $\frac{p}{q}$ para a grandeza dos planos.

A escala $\frac{1}{n'}$, constante para a longitude, terá por valor:

$$\frac{1}{n'} = \frac{1}{n} \cdot \frac{p}{q}$$

Como dissemos no n.° 254, é de 1855^m.37 o comprimento de 1' de equador; se chamarmos m á grandeza que no desenho corresponde áquelle arco, será:

$$m = \frac{1}{n'} \times 1855^m.37$$

o valor que na devida escala adoptada representará 1' na escala das longitudes.

b) *Escala das latitudes.*—Como esta escala é variavel, teremos de calcular separadamente os comprimentos l_1, l_2, l_3, etc. a que nos referimos no n.° 275, resolvendo as expressões que ahi se apresentaram e nas quaes os termos são:

m — valor obtido pela expressão anterior.
$f(z_1)$ — latitude crescida correspondente a um dos parallelos limites da carta (o mais proximo do equador).
$f(z_2)$ — latitude crescida correspondente á latitude do parallelo limite accrescida de a minutos.
$f(z_3)$ — latitude crescida correspondente á latitude do parallelo limite accrescida de 2 a minutos.
$f(z_4)$ — latitude crescida correspondente á latitude do parallelo limite accrescida de 3 a minutos.
Etc., etc., etc..

NOTA. — As latitudes crescidas poderão obter-se pela taboa III da collecção de Norie ou mais rigorosamente por tabellas a tres decimaes, como a apresentada por Germain no seu Tratado de hydrographia.

2.º) *Construcção dos meridianos e parallelos da carta reduzida.* A grandeza total do desenho da carta pode ser apreciada aproximadamente, attendidas as grandezas dos desenhos parciaes e considerado o valor da relação dada $\frac{p}{q}$.

Reconhecida a latitude do parallelo que inferiormente deverá limitar a carta, traça-lo-hemos convenientemente no papel. Sobre essa linha construiremos a escala graphica das longitudes, attendido o valor m do minuto do equador e fazendo corresponder a longitude media da região ao meio d'aquella linha.

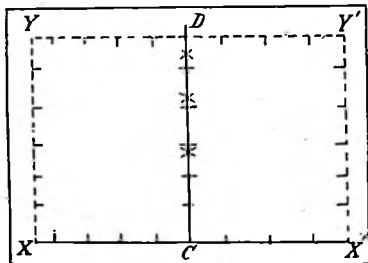



Fig. 184

Sendo C, Fig. 184, esse ponto, levantaremos, a compasso ou cintel, a perpendicular CD, bem como as perpendiculares XY e $X'Y'$ nos extremos.

A partir de X,X' e C marcaremos então, sobre essas linhas, os valores l_1, l_2, l_3, etc., obtidos como se disse, tendo o cuidado de dar a a um valor conveniente, de forma que não seja grande o espaçamento dos parallelos. Unindo por fim cada tres pontos correspondentes a uma mesma latitude, teremos concluido o traçado dos parallelos.

No parallelo superior YY', repetiremos o traçado da escala das longitudes, obtendo assim pontos que, convenientemente unidos com os correspondentes de XX', nos darão os meridianos da carta, com espaçamento um pouco inferior áquelles que separam os parallelos.

3.º) — *Desenho propriamente dito.* — Em cada quadrado se

collocam, pelos valores das respectivas coordenadas geographicas, os pontos trigonometricos e principaes dos levantamentos, sendo aquellas coordenadas obtidas por qualquer dos processos indicados no n.º 325.

Subdivididos os papeis das varias pranchetas por forma que os differentes quadrados correspondam aos rectangulos da carta reduzida, o desenho relativo a cada quadrado se transportará para o seu rectangulo correspondente, naturalmente pelos processos de reducção.

NOTA. — Como facilmente se comprehende, tanto a collocação dos pontos trigonometricos e principaes, como o transporte dentro de cada rectangulo, não são absolutamente rigorosos; para adoptar taes processos é necessario admittir a invariabilidade da escala das latitudes entre cada dois parallelos successivos, o que se pode fazer, sem grande erro, considerados pequenos espaçamentos.

400. — Construcção das cartas centraes (horisontaes. — Como dissemos no n.º 280, é a projecção central horisontal a usada pelos inglezes e americanos, especialmente, na construcção das cartas para navegar em latitudes elevadas. Vejamos, de uma maneira muito geral, como se procede a essa construcção. Sejam, por exemplo, Fig. 185, A e B dois pontos da superficie terrestre, cujos meridianos e parallelos vão limitar a carta.

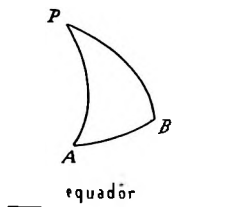



Fig. 185

Pelos elementos da triangulação poderemos obter a differença de longitudes dos mesmos pontos, attendida a forma rigorosa da Terra, bastando para isso resolver a expressão respectiva do n.º 325, 2º *b)*. Considerado então o triangulo PAB da Fig. 185, no qual o angulo em P é egual a differença de longitudes obtida, determinaremos, pelas formulas de trigonometria espherica, os azimuths PAB e PBA, bem como a distancia $\widehat{AB}$. Supponhamos agora, fig. 186, a e b os mesmos pontos separados por uma distancia $ab = AB\,\frac{1}{n}$ sendo $\frac{1}{n}$ a escala da carta. Façamos Nab e $N'ba$ respectivamente eguaes aos azimuths obtidos; tiremos aa' e bb' perpendculares a NS e $N'S'$; tracemos rectas aa'' e bb'' fazendo com aa' e bb' angulos eguaes a metade da convergencia de meridianos (n.º 255) e para o lado do polo elevado; obteremos assim os cruzamentos c e d representando pontos respectivamente nos parallelos

de a e de b, sendo $ad=bc$. Dividamos ac e bd ao meio e unamos f com e; teremos assim o meridiano central da carta, e como verificação deve a linha que une d com c passar pelo cruzamento g.

Restará traçar os meridianos e parallellos intermedios.

Fig. 186

Os primeiros obteem-se dividindo db e ac n'um mesmo numero conveniente m de partes eguaes e unindo os pontos correspondentes de divisão. Para obter os parallelos, dividamos os arcos $a'a''$ e $b'b''$ n'aquelle mesmo numero m de partes eguaes e unamos os pontos de divisão respectivamente com a e b; os cruzamentos h e i, j e k darão pontos dos parallelos, pontos que uniremos por curvas.

Para obter mais parallellos, dividamos cada meridiano, entre os parallellos já traçados, n'um mesmo numero conveniente de partes eguaes e unamos por curvas os correspondentes pontos de divisão. Dentro de cada figura, como $lpqr$, são os pontos collocados pelas suas coordenadas.

NOTA.—Para que a carta fique sufficientemente rigorosa, deveremos fazer depender, o espaçamento dos meridianos e parellos, da extensão abrangida e sobretudo da latitude media da mesma carta.

FIM DO LIVRO SEGUNDO

LIVRO III: ESTUDOS COMPLEMENTARES

PARTE PRIMEIRA

ESTUDO DAS AGUAS DO MAR

Capitulo I—Noções de oceanographia estatica

§ 1.—SUBSIDIOS PARA OS ESTUDOS OCEANOGRAPHICOS

401. — Oceanographia; sua definição e divisão. — A *oceanographia* — sciencia do oceano — é o conjuncto de todas as leis applicaveis ao mar. Com o fim de facilitar o estudo, é costume considerar n'essa sciencia duas partes distintas: a *oceanographia estatica*, que estuda o oceano independentemente dos seus movimentos, isto é, trata do que diz respeito ao relevo, forma e natureza do solo submarino, biologia do mar, composição chimica e propriedades physicas da camada liquida; a *oceanographia dynamica*, que estuda os movimentos das aguas, gelos, vagas, marés e correntes.

E' vasto, como se deprehende das definições dadas, o objectivo da oceanographia; para as necessarias investigações ha a utilisar conhecimentos proprios a todas as sciencias naturaes, physicas e mathematicas, sendo sem duvida a hydrographia aquella que mais directa e intimamente está ligada ás questões oceanographicas.

Muitos dos assumptos estudados por nós até agora, relativos á hydrographia propriamente dita, são expostos e desenvolvidos nos tratados de oceanographia; na impossibilidade de entrarmos em assumptos que não tenham intima ligação com os principios que constituem principal objectivo da 8.ª cadeira, restringir-nos-hemos ás questões de oceanographia estatica e dynamica que interessem mais directamente aos nossos trabalhos ou possam servir para, dentro dos proprios recursos, contribuir com quaesquer subsidios para o desenvolvimento de uma sciencia tão util como a oceanographia.

402 — Investigações oceanographicas. — A oceanographia é uma sciencia modernissima; pode dizer-se que datam dos fins do seculo XVIII as primeiras investigações oceanographicas com caracter scientifico.

Na impossibilidade de fazer uma resenha de todos os tra-

balhos até hoje executados e que teem contribuido com valiosos subsidios para os estudos de que estamos tratando, vamos apresentar apenas um resumo dos mais conhecidos entre nós.

Viagens da Resolution (1772 a 1779). Investigações feitas sob a direcção de James Cook. Região dos trabalhos: oceano Pacifico, principalmente nas proximidades do continente antarctico e no mar e estreito de Behring.

Viagens do Lightning e Porcupine (1868 a 1870). Investigações feitas sob a direcção de Wyville Thomson. Região dos trabalhos: entre a Irlanda e Ilhas Britannicas; costa *S* da Irlanda; costas *W* e *S* da peninsula Iberica até Gibraltar e d'ahi, pela costa d'Africa, até Malta e Sicilia.

Viagens do Challenger (1872 a 1876). Investigações feitas ainda sob a direcção de Vyville Thomson. Região dos trabalhos: no Atlantico, proximamente entre os parallelos da Madeira e 65° *S*, e seguindo linhas de derrota entre a Madeira. Açôres, Antilhas, Canarias, Cabo Verde, Bermudas, S. Thomé, Bahia, Cabo da Bôa Esperança, etc.; no Pacifico, entre Nova Zelandia, Nova-Guiné, Honkong, Japão, ilhas Sandwich e Cabo Horn.

Viagens do Travailleur e Talisman (1880 a 1883). Investigações feitas sob a direcção de M. A. Milne-Edwards. Região dos trabalhos: Biscaya, costas de Espanha e Portugal, Marrocos, Canarias, Madeira; Cabo Verde e mar de Sargaços.

Viagens do Hirondelle e Princesse Alice (1885 a 1905). Investigações scientificas feitas sob a direcção do principe Alberto de Monaco. Região dos trabalhos: principalmente no Atlantico Norte.

Campanhas oceanographicas do «Yacht Amelia» (1896 a 1905). Investigações scientificas sob a direcção de S. M. El-Rei D. Carlos I. Região dos trabalhos: costa de Portugal desde as embocaduras do Tejo até ao Algarve.

§ 2 — TEMPERATURA DA AGUA DO MAR

403 — Modos de obter a temperatura da agua do mar á superficie. — As temperaturas superficiaes são avaliadas com qualquer thermometro, cujo reservatorio mergulhe em recipiente proprio. Arreado o instrumento e conservado algum tempo dentro do liquido, iça-lo-hemos vindo o recipiente cheio d'agua e procedendo immediatamente á leitura. Um outro meio, embora menos rigoroso, será recolher com um balde a agua do mar e dentro d'elle mergulhar qualquer thermometro.

404 — Modo de obter a temperatura da agua do mar a differentes profundidades. — Entre os varios ins

trumentos destinados a esse fim, fallaremos dos mais conhecidos:

a) *Empregando o balde de valvulas.* Verificado o funccionamento d'essas valvulas e envolto o cylindro por substancia má conductora, arrearemos o balde com a linha necessaria para com elle obtermos colheita de liquido á profundidade requerida.

Conservado o apparelho n'essa posição durante algum tempo, iça-lo-hemos, procedendo immediatamente á determinação da temperatura com qualquer thermometro.

NOTAS. — Com o navio em andamento, deve o balde ser arreado do gurupez. O processo é, como se vê, pouco rigoroso.

b) *Empregando o thermometro de maxima e minima de Miller-Casella*, thermometro representado na Fig. 187.

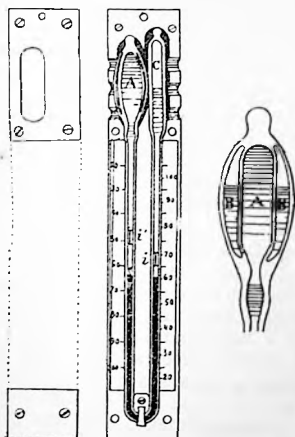



Fig. 187 — Thermometro Miller-Casella

BB — involucro do reservatorio *A*. N'esse involucro existe alcool enchendo $^3/_4$ da sua capacidade.

A — reservatorio contendo uma mistura de creosóte, alcool e agua, immediatamente em contacto com a columna mercurial que occupa proximamente metade do volume de cada um dos ramos do tubo inferior em *U*.

C — reservatorio contendo mistura egual á que enche *A*. A parte superior do reservatorio *C* está cheia de ar.

i — indice de maxima.

i' — » » minima.

O tubo do thermometro é fixo a uma chapa de ebonite e a escala feita em porcellana branca.

Levados os indices, por meio de iman, ao contacto com os extremos da columna mercurial, teremos, para usar do apparelho, de o metter em caixa cylindrica propria, munida de

orificios nas tampas, para que a agua circule livremente no interior. Para obter temperaturas da agua do mar bastará arrear aquella caixa.

Pela descripção feita, concluimos que o thermometro de Miller-Casella se limita a indicar a maxima e minima temperatura das camadas que percorre e não a da profundidade em que se conserva, o que em casos especiaes pode ser inconveniente, por isso que a experiencia tem mostrado a possibilidade de haver camadas quentes entre duas camadas frias. O apparelho descripto tem ainda o inconveniente de ser muito sujeito a avarias.

Fig. 188

Thermometro Negretti e Zambra

Para estudar a distribuição da temperatura a differentes profundidades, devem ligar-se varios thermometros a diversas alturas de uma mesma linha de sonda, deixando os immoveis durante algum tempo: 8 a 12 minutos, para que se estabeleça o equilibrio das temperaturas. Tal foi o processo empregado a bordo do *Challenger* para obter, em differentes pontos do Atlantico e Pacifico, a distribuição da temperatura a differentes profundidades.

c) *Empregando o thermometro de Negretti e Zambra*, thermometro representado nas figuras sob o n.º 188, das quaes a da direita nos mostra o tubo na sua posição vertical invertida e a da esquerda o mesmo tubo em estojo de vidro e na posição vertical directa. Da inversão do thermometro resulta a separação da columna mercurial em duas partes: uma que enche o reservatorio *B* até ao estrangulamento *A*, e outra *ab* cuja altura, lida em *a*, nos dá a temperatura.

Fig. 189

Disposição Magnaghi

Para conveniente emprego do instrumento, adopta-se a disposição Magnaghi representada na Fig. 189. O thermometro é mettido no cylindro *L* fazendo parte d'um systema a que se liga a linha com a qual é arreado o apparelho. O helice *C*, immovel na descida, passa a ter movimento de rotação logo que o systema começa a ser içado, permittindo assim que se solte o extremo superior do cylin-

dro L, dando-se a inversão, isto é, indo a tampa de orificios para a parte de cima.

NOTAS. — Empregando o thermometro de Negretti e Zambra, bastarão tres minutos para estabelecer o equilibrio das temperaturas, o que representa uma vantagem sobre o de Miller-Casella, no qual aquelle equilibrio só se consegue depois de 8 a 12 minutos. Comparados sob varios aspectos os dois thermometros descriptos, é sem duvida ao primeiro que cabe a preferencia.

Entre o inicio da ascenção do instrumento e o soltar do cylindro, medeia um certo intervallo de tempo, o necessario para o helice C dar algumas voltas, permittindo o destravar d'aquelle cylindro. E' preciso, pois, entrar em linha de conta com esse atrazo, sabendo-se que cada volta do helice representa cerca de 10 pés de movimento ascensional.

405 — Distribuição da temperatura das aguas do mar. — Os estudos oceanographicos até hoje feitos já permittem alguns conhecimentos sobre a distribuição da temperatura das aguas do mar.

Considerada a temperatura superficial, ha cartas como as de Krummel, que trazem traçadas as isothermicas em varias regiões oceanicas e quanto á distribuição da temperatura a varias profundidades, formulou Boguslawski algumas leis das quaes aproveitaremos a mais geral: «A temperatura da agua do mar diminue geralmente da superficie para o fundo, a principio muito rapidamente e depois por variações mais lentas, até uma profundidade de 700^m a 1100^m, segundo as regiões, onde se encontra uma temperatura de $+ 4°$ (centigrados). D'ahi por deante o abaixamento é ainda mais suave até ao fundo. Nas zonas tropicaes e temperadas, encontram-se temperaturas comprehendidas entre $0°$ e $+ 2°$ em profundidades de 5500^m; nas regiões polares essas temperaturas baixam a $- 2°.5$.»

§ 3 — DENSIDADE DA AGUA DO MAR

406 — Generalidades. — Chama-se *peso especifico da agua do mar* á relação entre o peso da unidade de volume d'essa agua á temperatura t e o peso de egual volume d'agua distillada á temperatura t'. Exprime-se pelo symbolo $S^t_{t'}$.

No caso particular de ser $t' = + 4°$ (centigrados), aquelle peso toma o nome de *densidade*, correspondendo-lhe o symbolo S^t_4

Não nos consta estarem já universalmente estabelecidos os valores de t e t', de modo a serem faceis as comparações dos

valores dos pesos especificos; é assim que ainda hoje se encontram symbolos diversos, como $S^{17.5}_{17.5}$, $S^{15.56}_{15.56}$, $S^{15.56}_{4}$ etc., que indicam temperaturas differentes para determinações de pesos. N'um dos numeros seguintes daremos as formulas de conversão de um dado peso especifico $S^{T}_{T'}$ no valor equivalente, consideradas outras temperaturas.

407. — Determinação dos pesos especificos da agua do mar. — Para essa determinação empregam-se *areometros* especiaes, instrumentos que tomam o nome de *densimetros* quando nos dão directamente os valores da densidade da agua em que mergulham. Para que d'essa determinação, dados os estrictos limites de variação do elemento fornecido, resultem subsidios vantajosos para o estudo das correntes maritimas, é necessario que os valores obtidos sejam aproximados até à 4.ª casa decimal, exigencia que põe absolutamente de parte os elementos colhidos a bordo com os vulgares densimetros que só aproximam até centesimos.

Para termos a necessaria ideia da forma de emprego dos areometros nas determinações de que estamos fallando, descreveremos, como o mais preciso, o que foi usado em toda a campanha oceanographica do Challenger. Era um densimetro de peso e volume variaveis: — Fig. 190.

Fig. 190
Densimetro

A — haste graduada em millimetros, de o a 100, correspondendo o 100 ao ponto até onde mergulha o instrumento quando mettido em agua distillada a 16.°.

B — prato de latão que se pode adaptar ao extremo da haste A. O peso d'esse prato é calculado de forma a obrigar o instrumento a mergulhar até ao zero, quando mettido em agua distillada a 16°.

P — peso addicional em forma de annel, podendo enfiar na haste do prato. Acompanham o instrumento seis d'esses anneis devidamente numerados e de pesos differentes.

Vejamos como funcciona o apparelho:

Recolhida a agua do mar n'um balde de madeira, tomada a temperatura d'essa agua e vasada ella n'um vaso de vidro suspenso, Fig. 191, ahi mergulharemos o densimetro, lendo a divisão á superficie do liquido, quando carregado o prato com

um dos pesos p[1]. Chamando P ao peso do densimetro propriamente dito, π ao peso do prato e V ao volume immérso, é:

$$S'_4 = \frac{P + \pi + p}{V}$$

Os valores P, π e p devem ser fornecidos por tabellas que acompanham o instrumento.

Para obter V temos a formula:

$$V = V_o + V_o k t$$

em que V_o (volume da parte immérsa, á temperatura 0) nos é dado por tabella especial que acompanha o apparelho, e k (coefficiente de dilatação) um valor tambem dado[2].

408. — Correcção de compressibilidade. — Quando a agua fôr tirada de uma profundidade n, não podemos evidentemente considerar a densidade obtida como a que a mesma agua tinha *in situ*. Este ultimo valor é determinado applicando á densidade S'_4, fornecida pelo instrumento, uma correcção da forma: $S'_4 \times 0.0000046614n$.

409. — Conversões de pesos especificos. — Afim de tornar faceis as comparações a que nos referimos no n.º 406, vamos apresentar a formula pela qual poderemos obter um valor S'_t, quando nos seja dado o peso especifico $S^T_{T'}$, determinado em circumstancias differentes de temperatura.

Fig. 191

Chamando v e V respectivamente á unidade de volume da agua do mar e da agua distillada ás temperaturas marcadas pelos indices que affectam essas letras, é:

$$S'_{t'} = S^T_{T'} \left(\frac{v_T}{v_o} \times \frac{v_o}{v^t} \times \frac{V_{t'}}{V_{T'}} \right)$$

---

(1) Todas estas operações devem ser feitas com o necessario cuidado de modo a evitar erros de observação.

(2) Uma outra tabella auxiliar dá habitualmente os valores $V_o kt$, entrando com t como argumento.

Os valores $\frac{v_T}{v_o}$ e $\frac{v_o}{v_t}$ são dados por tabellas especiaes; ha ainda tabellas que nos dão os valores $\frac{V_{t'}}{V_{T'}}$ para valores particulares de T' (1).

—No caso particular de ser $t' = T' = 4^o$, a formula anterior dá:

$$S^t_4 = S^T_4 \left(\frac{v_T}{v_o} \times \frac{v_o}{v_t} \right)$$

e quando fôr ainda $t = o$, será:

$$S^o_4 = S^T_4 \times \frac{v_T}{v_o}$$

formula que permitte converter qualquer densidade obtida á temperatura T ao valor da mesma densidade á temperatura zero.

410. — Vantagens das determinações das temperaturas e densidades das aguas do mar. — A temperatura como modificadôra da densidade e esta como um dos factores principaes dos desnivelamentos da superficie liquida, interessam ao estudo das correntes maritimas. Se, a par d'esses elementos, podermos registar alguns outros, taes como: alturas barometricas, estado hypsometrico, etc., teremos contribuido para um estudo importante de oceanographia, como o que diz respeito áquellas correntes.

§ 4. — TRANSPARENCIA E COLORAÇÃO DAS AGUAS

411. — Transparencias optica e actinica. — O grau de *transparencia optica* das aguas do mar é avaliado pela profundidade a que deixa de ser visto um objecto imméрso. Varias teem sido as experiencias feitas para determinação da transparencia nos mares e lagos, e d'essas experiencias se concluio que o limite da visibilidade dependia: da côr do objecto im-

(1) Thoulet «Guide de oceanographie pratique».

mérso, sendo a branca a da visibilidade maxima; das dimensões d'esse objecto, sendo, até um certo limite, a visibilidade tanto maior quanto maior superficie apresentar esse objecto; da maior ou menor quietação das aguas; da altura do sol, augmentando, embora fracamente, a visibilidade com essa altura; da côr do ceu, etc., etc..

Já foi affirmada (n.º 219) a vantagem, dentro de certos limites, de procurar pontos elevados para melhor ver o fundo, e ultimamente Rollet de l'Isle preconisou o uso do balão para bem explorar o solo submarino nos mares de pequena profundidade.

A *transparencia actinica*, avaliada pela profundidade a que pode ser impressionada uma chapa sensivel, tem sido tambem objectivo de algumas investigações: a 400^m e mais, se tem conseguido impressionar chapas de gelatino-brometo extra-rapidas de Lumière.

NOTA. — As aguas dos rios, nomeadamente na vazante e fóra das occasiões do preamar, e ainda quando ha grandes correntes, como acontece nas syzigias, chegam a ser de quasi nulla transparencia á vista. A proximidade dos rios pode até muitas vezes ser-nos indicada pela falta de transparencia optica das aguas do mar.

412. — Coloração das aguas do mar. — De varias experiencias de optica até hoje executadas e com o fim de reconhecer a coloração das aguas do mar e dos lagos, se concluio: que a côr propria da agua é azul; que a profundidade do mar, côr particular do fundo, intensidade da luz do ceo, altura do sol, temperatura e grau de salinidade da agua, natureza e dimensões e quantidade de materias mineraes ou vegetaes em suspensão, etc., etc. são outros tantos factores que alteram a côr propria das aguas do mar.

NOTAS. — As designações por que são conhecidos alguns mares do globo derivam talvez da côr habitual por elles apresentada: é assim que a designação de Mar Negro, dada a um dos mares bem conhecido, se pode explicar pela côr escura habitual das suas aguas, côr devida á grande percentagem e frequencia de nuvens negras que cobrem o ceo n'essas paragens, nuvens que produzem reflexos sombrios sobre as vagas. O Mar Amarello deve a sua denominação á côr dos sedimentos arrastados pelo Hoang-ho.

— A phosphorescencia do mar, observada especialmente nas aguas tropicaes em tempo calmo e quente, é devida, como se sabe, á presença de animaes phosphorescentes.

— O mar de leite, muito frequente no oceano Indico e apresentando-se-nos como uma immensa planicie coberta de neve, é devido á presença de pequenos animaes vivendo no seio das aguas.

Capitulo II. — Noções de oceanographia dynamica

§ 1 -- ESTUDO GERAL DAS VAGAS

413. — Generalidades. — A vaga, tal como a vemos no oceano, é a resultante: do vento actual e do anterior sentido no logar; do que sopra ou soprou nos logares mais ou menos affastados; da profundidade do mar; da distancia á costa; das correntes; das marés; das acções reciprocas d'esses diversos elementos de perturbação etc. etc..

Na impossibilidade de, n'um curso elementar como este, precisar cada um dos effeitos das principaes causas perturbadoras e d'esse estudo partir para o effeito resultante, daremos nos numeros seguintes umas noções dos assumptos que mais nos interessam.

Considerada, n'este paragrapho, a vaga tal como a vemos habitualmente no oceano, estudaremos os principaes movimentos que a animam, concluindo pela apresentação de alguns principios empyricamente deduzidos e que explicam certos phenomenos que se ligam á propagação das vagas.

414. — Oscillação e impulsão horisontal. — Observada attentamente uma vaga na sua propagação (tomada como typo a *vaga do vento*), é facil reconhecer que esta propagação não resulta realmente do deslocamento horisontal das moleculas liquidas: um fluctuador mergulhado em mar de vaga conserva-se aproximadamente e durante um certo tempo no mesmo sitio, sem ser arrastado pela vaga no seu movimento horisontal apparente.

Para explicar esse phenomeno, consideremos separadamente cada um dos movimentos, vertical e horisontal, em que se pode imaginar decomposto o movimento das aguas sob a acção productora das vagas.

O primeiro d'esses movimentos traduz-se na chamada *ondulação* propriamente dita, explicada hoje pela *theoria da onda trochoidal;* e o segundo no movimento impulsivo horisontal das moleculas liquidas, movimento cuja velocidade é muito

menor do que a que observamos no deslocamento apparente da ondulação ([1]).

a) *Movimento oscillatorio. Ondulação ou onda de oscillação.* — A theoria da onda trochoidal considera as ondas regulares e formadas n'um oceano sem limites.

Consideremos, Figs. 192 e 193, uma serie de moleculas a, b, c, d etc. em repouso na linha horisontal NN'.

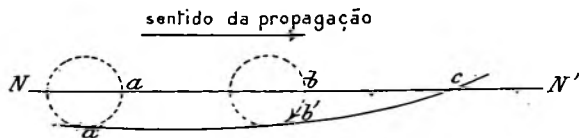



Fig. 192

Sob a acção da força productora da vaga, essas moleculas descrevem trajectorias theoricamente circulares. Imaginemos que essa acção começa da esquerda para a direita. Quando a molecula c, Fig. 192, por exemplo, começa a entrar em movimento, já as moleculas a e b estão respectivamente em a' e b', e o perfil da ondulação será n'esse momento representado por a' b' c. Ao ser attingida a molecula g, as moleculas anteriores occupam posições taes como a', b', c', etc. da Fig. 193, e o perfil da ondulação será a linha a', b', c', d', e' f', g' com a *crista* em c' e o *cavádo* em g'. Comparadas as duas

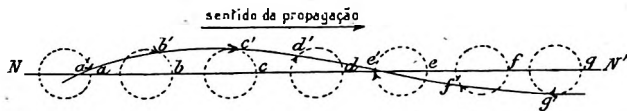



Fig. 193

figuras, vê-se como, sem deslocamento horisontal das moleculas, a onda mudou de perfil, passando uma crista a cavádo e vice-versa. Em resumo:

Cada molecula descreve theoricamente uma circumferencia em sentido que depende do da acção da força productora, de

---

([1]) A velocidade de propagação da ondulação pode attingir dezenas de milhas por hora, ao passo que os deslocamentos horisontaes das moleculas liquidas difficilmente attingem velocidades superiores a 3 milhas.

modo que no cavádo o movimento oscillatorio se exerce no sentido contrario ao da propagação..

A curva que representa o perfil de uma ondulação toma o nome de *trochoide*. Um ponto R de uma circumferencia QR, Fig. 194, rolando sobre uma linha recta, descreve uma cycloide

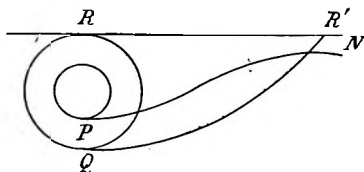



Fig. 194

QR'; um ponto P, situado n'uma circumferencia concentrica com a primeira, descreve uma trochoide PN.

Considerada, por fim, uma serie de moleculas liquidas a, b, c etc., Fig. 195, n'uma linha vertical, cada uma d'essas

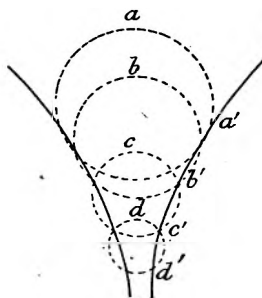



Fig. 195

moleculas descreve theoricamente uma circumferencia cujo raio diminue com a profundidade. N'um dado momento essas moleculas occupam posições como a', b', c' e d'.

NOTA. — A' ondulação que estudámos se dá o nome de *progressiva* para a distinguir da chamada *ondulação fixa*, observada principalmente em alguns lagos e pontos do Mediter-

raneo ([1]). Esta ultima é uma ondulação regular sem progressão no sentido horisontal e pela qual as moleculas liquidas descrevem uma trajectoria fechada, sempre das mesmas dimensões e comparavel á vibração de uma corda de rabeca quando tocada pelo arco. As Figs. 196 e 197 dão uma ideia d'essa ondulação,

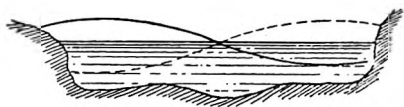



Fig. 196 — Ondulação fixa uninodal

attribuida hoje a perturbações atmosphericas: variações de pressão, ventos verticaes e obliquos, cyclones, etc. e aos abalos devidos a acções vulcanicas.

b) *Movimento impulsivo horisontal.* Esse movimento é,

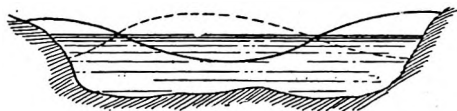



Fig. 197 — Ondulação fixa binodal

como dissemos em *a)*, relativamente pequeno, quando se considere a velocidade de propagação da onda de oscillação. Admittido, segundo a theoria trochoidal, o movimento oscillatorio das moleculas liquidas, uma molecula *a*, Fig. 198, tendo de

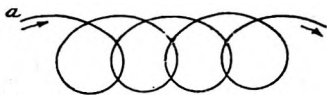



Fig. 198

executar aquelle movimento e ainda o translatorio devido á força productora da vaga, seguirá uma trajectoria como a indicada na mesma figura.

([1]) Os phenomenos d'essa ondulação tomam o nome de *seiches* no lago Leman e de *ruhss* no Constança. Aimé observou o mesmo phenomeno no porto de Argel.

415 — Elementos principaes a considerar nas vagas.

a) *A velocidade de propagação* V, isto é, o espaço percorrido pela crista n'um segundo. Para determinação d'esse valor V, empregaremos qualquer das formulas seguintes, segundo os casos:

navio parado e vaga da pôpa ou prôa .... $V = \frac{l}{t}$

» em marcha » » » ..... $V = \frac{l}{t} \pm V_1$

vaga da amura ou alheta { navio parado.... $V = \frac{l}{t} \cos \theta$; » em marcha. $V = \left(\frac{l}{t} \pm V_1\right) \cos \theta$ }

nas quaes: l representa a extensão percorrida pela crista no tempo t (1); V_1 a velocidade do navio em marcha; e θ o angulo, menor que 45°, feito pelas direcções da quilha e da propagação da vaga.

b) *O comprimento* λ, isto é, a distancia entre as cristas de duas vagas consecutivas.

Se o comprimento fôr menor que o do navio e supposto este immovel, para determinar λ bastará que dois observadores se affastem um do outro até que as cristas de duas vagas successivas passem simultaneamente deante de cada um d'elles. Pela distancia que os separa, teremos o valor desejado.

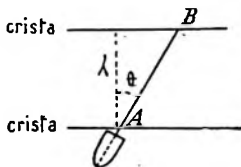



Fig. 199

Se λ fôr maior que o comprimento do navio e supposto este immovel, determinaremos o valor V como foi dito em *a)*, bem como o de T como se indicará em *c)*. Será por fim $\lambda = TV$.

Considerado o navio em marcha e sendo θ o angulo entre as direcções da quilha e da propagação da vaga, obteremos o valor λ medindo primeiro o comprimento obliquo AB, Fig. 199, de uma crista á crista

(1) Collocado um observador na prôa e outro na pôpa do navio, e registado o numero de segundos que decorre entre as passagens de uma crista por defronte de cada um d'elles, esse intervallo será t, e para l daremos o valor do comprimento do navio.

seguinte, empregando para isso a barca de mão [1]. Será por fim:

$$\lambda = AB \cos \theta$$

c) *O periodo T*, isto é, o intervallo de tempo decorrido entre as passagens, por um mesmo ponto, de duas cristas successivas.

Para medir o periodo, supposto o navio parado, bastará notar n'um relogio os segundos decorridos entre as passagens de duas cristas consecutivas por um mesmo ponto do navio. Considerado o navio em marcha, determinaremos V e λ como foi dito. O periodo T será então dado pela relação $\frac{\lambda}{V}$.

d) *A altura 2a*, isto é, a distancia vertical entre a crista e o cavádo. Para obter facilmente esse valor, bastará, na occasião em que o navio estiver no cavádo, procurar a altura acima da fluctuação, em que se veja a crista coincidindo com a linha do horisonte. Essa linha será aproximadamente egual a $2a$.

e) A *fórma da superficie*, que se poderá obter photographicamente.

416. — Formulas relativas á propagação da onda de oscillação.

a) Propagação nos mares profundos. — Admittida a theoria da onda trochoidal, e attendidos certos dados experimentaes, chegou-se ás seguintes formulas:

$$V = \sqrt{\frac{g}{\pi} \lambda}$$

e

$$T = \sqrt{\frac{\pi}{g} \lambda}$$

que ligam os valores V, T e λ respectivamente da velocidade, periodo, e comprimento da ondulação. N'essas formulas é: $\pi = 3.14159$ e g o espaço percorido, no primeiro segundo, por um corpo abandonado á acção da gravidade.

---

[1] Deitada a barca até que o sector se encontre sobre a crista de uma vaga no momento em que sob a pôpa se veja a crista seguinte, teremos o comprimento obliquo AB dado aproximadamente pela extensão de linha fóra da borda.

Tendo sido experimentalmente determinados, nos varios oceanos e como se indicou no n.º 415, os valores de V, λ e T das vagas tal como eram observadas, achou-se que esses valores satisfaziam as expressões acima apresentadas, com pequenas differenças, aliás explicaveis, attendendo não só ás divergencias da theoria para a pratica, mas ainda a que a vaga não obedece apenas ao movimento vibratorio das ondas de oscillação.

b) Propagação proximo ás costas. — Segundo Airy, o movimento oscillatorio das moleculas liquidas em aguas pouco profundas faz-se segundo orbitas ellipticas, o que altera a theoria admittida. Quando a profundidade p fôr muito pequena em relação ao comprimento λ da onda, a velocidade de propagação V e comprimento λ podem ser dados pelas expressões muito aproximadas:

$$V=\sqrt{gp}$$

$$\lambda=\pi p$$

NOTA. — Como typos de ondas de oscillação, poderemos citar: as *calemas* em Africa e o *már de fóra* em Portugal.

417. — Alterações da vaga devidas á diminuição de profundidade. — Se tomarmos uma vaga no mar alto e a acompanharmos no seu movimento junto ás costas e até bater n'uma praia, notaremos habitualmente:

— que a vaga modifica a direcção da propagação ao aproximar-se do littoral até que essa direcção seja normal á linha da costa; phenomeno explicado pela diminuição de velocidade com a diminuição de fundo ($V=\sqrt{gp}$);

— que a mesma vaga diminue de comprimento ao avisinhar-se do littoral, isto é, duas cristas successivas tendem a aproximar-se cada vez mais, facto confirmado pela formula $\lambda=\pi p$;

— que o periodo é inalteravel;

— que a altura $2a$ augmenta, por isso que o movimento de progressão das partes profundas da vaga, contrariado pelo fundo sobre o qual a mesma vaga deslisa, dá origem a uma componente vertical de baixo para cima, componente cuja acção se traduz na elevação da crista;

— que a vaga acaba por quebrar em consequencia da instabilidade de equilibrio originada por aquella elevação.

418. — Rebentação. — Não só na praia a vaga rebenta, devido como dissemos á instabilidade originada pela elevação da crista.

A rebentação dá-se sempre que a crista da vaga tiver velocidade superior á da sua base ou logo que a onda tenha uma forma tal que se não possa manter. Esse effeito pode ser produzido pelo vento, formando primeiramente os chamados *carneiros* e depois o verdadeiro *mar de rebentação;* sem vento, o mesmo effeito pode ser devido ao choque de duas ou mais ondas que se encontram (numero seguinte).

419. — Interferencia das ondas; reflexão. — Dá-se o nome de *interferencia* de duas ou mais ondulações, ao pheno-

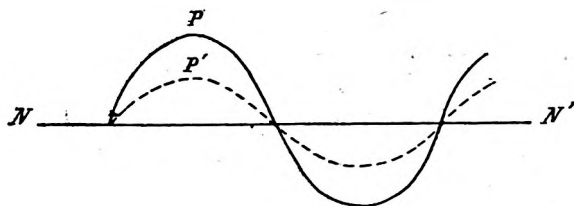



Fig. 200

meno resultante da combinação d'essas ondulações entre si. As coisas passam-se como se cada uma das ondas fôsse só; de modo que o resultado da interferencia de duas ondulações traduz-se na sua somma algebrica, isto é, se tomarmos os perfis de duas ondas que se encontram, a onda resultante será

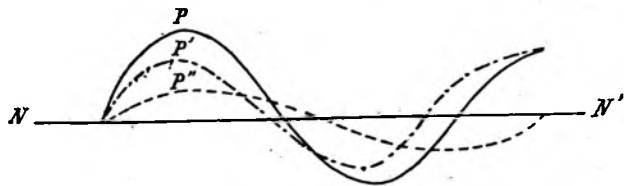



Fig. 201

representada por um perfil cujas ordenadas teem por valor a somma algebrica das respectivas alturas de cada uma das curvas componentes.

As figuras 200, 201 e 202 dão uma ideia de casos especiaes de interferencia de duas ondulações propagando-se na mesma direcção, embora em differente sentido.

Na Fig. 200 se consideram duas ondulações do mesmo per-

fil P' (egualdade de comprimento e altura) produzindo a onda de perfil P.

Na Fig. 201 vemos duas ondulações de perfis P' e P'' (desegualdade de comprimento e altura) produzindo a ondulação de perfil P, irregular, com ondas de alturas differentes.

Finalmente na Fig. 202 se representa o effeito nullo de duas ondulações P' e P''.

Se as direcções de propagação fôrem differentes, as coisas,

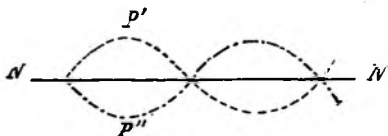



Fig. 202

embora mais complicadas, passam-se por forma analoga, originando-se ondulações resultantes, onde ha ainda a observar a somma algebrica das ordenadas que considerámos.

E' por interferencias que se explicam naturalmente os seguintes phenomenos observados no mar:

— O chamado *rythmo* dos mares, tantas vezes aproveitado pelos maritimos nos embarques, desembarques e passagens de rebentação.

A Fig. 201 mostra-nos como, a seguir a uma onda de grande elevação, podem apparecer ondas mais baixas.

— A *resaca*, isto é, o resultado do encontro de duas ondas propagando-se em sentido contrario e das quaes uma chocou rocha ou praia de perau. Esta onda, depois de reflectida e ao encontrar outra propagando-se em sentido contrario, dá origem a uma alta columna d'agua espumante que se eleva verticalmente em frente do obstaculo.

— A perigosa agitação do mar nos centros dos cyclones, a despeito da calma central, etc.

420 — Effeitos das vagas; profundidade até onde se fazem sentir. — A força de que vem animada a vaga pode ser consideravel e avalia-se mathematicamente por meio de dynamometros especiaes e muito naturalmente pelos effeitos que produzem quando rebentam.

O trabalho de destruição lenta e gradual das costas pelas vagas é que naturalmente tem produzido o banco de sondas continental, cuja importancia para a sciencia, industria e para o navegante já aqui foi apontada.

— Quanto á profundidade até onde o movimento das vagas

se faz sentir, não tem sido possivel até hoje obter dados seguros. Foi experimentalmente demonstrado que as particulas em suspensão na agua oscillam ainda a uma distancia egual a 350 vezes a altura da vaga e tem-se notado que á profundidade de 1150 metros os cabos telegraphicos submarinos ainda estão expostos á acção destruidora das vagas.

§ 2 — ONDAS A ESPECIALISAR N'UM ESTUDO THEORICO

421 — Classificação das ondas segundo a causa productora. — Como dissemos no n.° 413, a vaga tal como a vemos no oceano é a resultante de varias acções em numero indefinido; só pois theoricamente nos é permittido considerar uma classificação tomando por criterio a causa productora. Segundo esse criterio, poderemos distinguir varias especies principaes de ondas que convem considerar separadamente: a *vaga do vento* que mais propriamente estudámos em todo o paragrapho anterior; a *onda de maré* e a *onda sismica*. A' primeira das duas ultimas consagraremos um capitulo especial, em vista da necessidade do seu estudo para applicação em trabalhos hydrographicos; a onda sismica é definida no n.° seguinte.

422 — Ondas sismicas.—Teem estas ondas por causa productora as acções vulcanicas subaéreas e submarinas, consistindo a sua principal manifestação n'uma ondulação progressiva (n.° 414). Um só abalo produzido pode dar origem a uma serie de ondas, consequencia dos movimentos alternados de depressão e elevação do ponto directamente abalado.

Essas ondas propagam-se até distancias enormes do logar onde se originaram [1].

No mar alto a passagem de uma onda sismica faz-se sentir por uma forma notoria: a impressão geral é a de ter o navio tocado n'um baixo, tendo-se a sensação de um movimento ondulatorio e sacudido que leva o navio a inclinar-se e a estacar. Em alguns casos ha projecções d'agua em jactos verticaes de pequena altura e muito caracteristicos, devido naturalmente á proximidade do *epicentro* [2].

A chegada de uma onda sismica ás costas do mar é tambem um phenomeno curioso [3] e por vezes terrivel pelas con-

---

[1] No terremoto de Lisboa as ondulações sismicas fizeram-se sentir em todo o oceano.

[2] Ponto em que o raio da Terra, passando pelo ponto abalado, encontra a superficie.

[3] Phenomeno a que os francezes dão o nome de *Ras de marée*.

sequencias que pode trazer: a onda depois de attingir o littoral affasta-se d'elle, deixando a descoberto uma grande extensão, voltando de novo com mais violencia e sob a forma de uma ou muitas vagas enormes.

NOTAS. — Podendo á ondulação sismica ser applicada a formula $V = \sqrt{g\,p}$ (n.º 416), facil será, determinado o intervallo de tempo t decorrido entre a formação de uma onda e o instante da chegada da mesma onda a um logar a distancia conhecida, determinar aproximadamente a profundidade media do mar percorrido. Com effeito, conhecida a distancia D, será $V = \frac{D}{t}$ e por fim $p = \frac{V^2}{g}$.

Assim se determinou a profundidade média, 4000^m, do mar entre Simoda (Japão) e S. Francisco etc.

— A velocidade de propagação de uma onda sismica pode ir além de 400 milhas por hora.

Capitulo III — Marés

§ 1 — ESTUDO GERAL DA ONDA DE MARÉ OCEANICA

423 — Phenomeno das marés, como elle é observado no oceano. — Devido, como se sabe, ás acções combinadas da lua e sol, o phenomeno das marés traduz-se n'um movimento periodico das aguas do oceano, elevando-se e abaixando-se alternadamente, um certo numero de vezes em cada dia lunar. Essas elevações e depressões não se apresentam, porém, com a mesma regularidade nas differentes partes do globo.

a) *Marés regulares.* Assim se denominam as marés como as observadas nas costas de Portugal. O nivel do mar eleva-se duas vezes por dia, durante seis horas, e esse periodo ascensional, chamado *enchente* ou *fluxo*, termina pelo *preamar*. Obtida a maxima elevação, o nivel baixa durante um periodo de egual duração, *vazante* ou *refluxo*, periodo que termina pelo *baixamar*.

O intervallo de tempo que separa dois preamares ou baixamares consecutivos é, em media, de $12^h 25^m$; a maré tem pois um retardo, como a lua, de cerca de 50^m por dia.

A amplitude do movimento vertical do mar não é constante; o valor d'ella é variavel com as phases da lua: em occasião de quadraturas essa amplitude é minima e as marés dizem-se de *aguas mortas;* pouco depois das syzigias (lua nova ou lua cheia) a amplitude observada é a maxima em todo o periodo da ½ lunação e as marés tomam o nome de *aguas vivas* ([1]). Entre estas ultimas marés, as dos equinocios apresentam as amplitudes maximas do anno e em egualdade de circumstancias, podem as aguas vivas ter maior amplitude quando a lua esteja no perigeu.

b) Marés irregulares. — Para alguns mares o phenomeno é de apparencia muito irregular: em certas localidades se ob-

---

([1]) Chama-se habitualmente *cabeça d'agua* á maior maré em occasião de syzigias.

serva diariamente um unico preamar e correspondente baixamar, umas vezes de dia e outras de noite; em alguns pontos deixa de haver marés em certas epochas do anno; n'outros ainda chegam a manifestar-se quatro preamares no mesmo dia, etc., etc..

A designação de *marés irregulares* não significa que haja realmente irregularidades na causa productora; a discordancia nos effeitos é apenas devida a circumstancias especiaes que iremos apresentando no decurso do nosso estudo e de uma maneira geral.

424. — Acções combinadas da lua e sol. Theorias de Newton e Laplace. — De um exame, embora superficial, da forma geral por que se manifesta o phenomeno das marés, concluimos que a causa d'esse phenomeno reside nas acções combinadas da lua e sol, com predominio da correspondente ao primeiro astro, predominio que resulta da pequena distancia do mesmo astro á Terra [1].

A Newton se deve a primeira explicação precisa da causa das marés. Suppondo a Terra composta de um nucleo solido perfeitamente espherico, envolvido por uma camada d'agua, Newton analysa summariamente o movimento horisontal das moleculas sob a influencia da attracção de um dado astro e observa que d'esta influencia resulta uma elevação e depressão successivas. Procurada a figura momentanea de equilibrio da camada liquida, determinou a forma e dimensões da superficie theorica das aguas: um ellipsoide cujo eixo maior será constantemente dirigido para o astro centro de attracção e, em virtude do movimento de rotação da Terra, o nivel dos mares subirá e descerá, em cada ponto, duas vezes por dia. Esta hypotese, porém, admitte grandes deslocamentos na massa fluida, deslocamentos que se não comprehendem, attendida a rapidez do movimento apparente diurno dos astros que accentuadamente os produzem; a posição de equilibrio que na mesma hypothese se considera é refutada pelos principios da Mechanica: para que essa posição se désse seria necessario que o periodo de oscillação proprio das moleculas liquidas, sob a acção do peso, fôsse mais curto que o da força luni-solar [2], o que realmente se não dá, como pelo calculo se demonstra.

---

[1] Consideradas as massas dos dois astros e respectivas distancias á Terra, demonstra-se que as forças de attracção do sol e da lua estão entre si n'uma relação inferior a $^1/_2$.

[2] Exemplificando: — Imaginemos que um navio em calma leva 2.5 segundos a tomar a posição vertical, quando parta da sua maxima inclinação a um dos bordos. Se esse navio soffrer então os embates de uma ondulação de periodo (n.º 415) egual a 4^s, é evidente que tal navio não mais voltará áquella posição.

— Laplace encarou a questão por uma outra forma: as moleculas liquidas são arrastadas pela componente horisontal da attracção luni-solar, em sentidos que differem segundo a posição d'essas moleculas em relação ao meridiano e ao parallelo do astro e, do encontro dos movimentos oppostos, resultam os deslocamentos do nivel dos mares.

Do facto de ser o periodo de oscillação proprio das moleculas liquidas mais curto que o da força luni-solar, resulta, como dissemos, a tendencia d'essas moleculas para uma posição de equilibrio, posição que nunca attingem; a força de attracção actua sempre, procurando levar essas moleculas áquella posição, com uma intensidade tanto maior quanto mais affastadas ellas estiverem da mesma posição. O effeito das forças astronomicas é, pois, communicar ás moleculas d'agua movimentos pendulares de vae-vem, de um lado e outro das suas respectivas posições medias.

—Considerada a acção da lua, se suppozermos um ponto material de massa unidade no equador e se chamarmos A ao

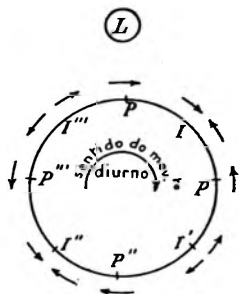



Fig. 203

angulo horario do astro, a velocidade d'aquelle ponto no sentido horisontal E-W é dada aproximadamente pela seguinte formula, que a theoria deduz:

$$v = -\,0^{m}.0057 \cos 2A$$

Posto isto, vejamos o que succederia n'um canal equatorial circumdando a Terra. Supposto o astro em L, Fig. 203, consideremos pontos materiaes como P, I, P', I', etc., movendo-se,

como se cada um fosse livre, sob a acção de atracção d'aquelle astro. Os respectivos valores das velocidades seriam:

para P...($2A=0$)...... $v=-0.0057$... ..(W para E)
» I...($2A=90°$).... $v=0$ ...... —
» P'...($2A=180°$)... $v=+0.0057$...... (E para W)
» I'...($2A=270°$)... $v=0$ ...... —
» P''...($2A=360°$)... $v=-0.0057$......(W para E)

etc.; em I'' e I'' serão nullas as velocidades e em P''': $v=+0.0057$, isto é, o movimento dirigido de E para W.

D'estas considerações podemos concluir:

— Que a agua sobe em I e I'', e desce em I' e I'''.

— Que de um lado e outro de cada um d'esses pontos I, I', I'' e I''', os movimentos se encontram em sentidos oppostos.

— Que o baixamar corresponde á passagem meridiana do astro.

— Que os movimentos se tornam nullos em occasião de meia-maré e maximos no preamar e baixamar.

NOTA. — O valor de v apresentado é realmente muito pequeno e inferior ás grandezas similares habitualmente medidas sobre o globo; d'onde concluimos que as forças astronomicas são muito fracas e os movimentos que ellas communicariam a um mar cobrindo uniformemente o globo seriam insignificantes; mas, applicando aos deslocamentos das moleculas d'agua as leis de hydrodynamica e suppondo que obstaculos de varia natureza e diversamente collocados se oppõem á propagação do movimento, demonstra-se que a variação do nivel e a velocidade dos deslocamentos podem ser até 100 vezes mais fortes que n'uma extensão d'agua continua.

425 — As theorias de Newton e Laplace, e o phenomeno das marés tal como é observado. — Essas theorias, tal como fôram esboçadas no numero anterior, embora tenham prestado grandes serviços á solução geral do problema das marés, estão longe de explicar satisfactoriamente o phenomeno, considerado o numero indefinido de particularidades que as mesmas theorias não podem attender; mas, se por um lado os principios especulativos pouco teem adeantado, é fóra de duvida que a *analyse* tem sido de uma extraordinaria fecundidade. A William Thomson se deve a descoberta do methodo conhecido pelo nome de «Analyse harmonica das marés», methodo notavel pela simplicidade de applicação e rigôr dos resultados.

Em occasião opportuna trataremos do assumpto de uma maneira resumida.

426 — Formula do potencial da força attractiva de um astro. Ondas a considerar. — Como dissemos no n.º 424, é o phenomeno das marés principalmente devido ás acções combinadas da lua e sol, com predominio da primeira; a acção do sol só consegue, geralmente, augmentar ou diminuir os effeitos da força attractiva da lua. Considerado qualquer astro, a theoria dá-nos para valor aproximado da força attractiva V, a seguinte formula:

$$V = \frac{3}{2} \frac{MR^2}{D^3} \left[\frac{(1 - 3\cos^2\lambda)(1 - 3\cos^2\Delta)}{6} + \right.$$

$$+ \operatorname{sen} 2\lambda \operatorname{sen}\Delta \cos\Delta \cos A +$$

$$\left. + \frac{\operatorname{sen}^2\lambda \operatorname{sen}^2\Delta}{2} \cos 2A \right]$$

na qual:

M — representa a massa do astro attrahente.
R — » o raio da Terra.
D — » a distancia do centro do astro ao centro da Terra.
λ — representa a colatitude do logar considerado.
Δ — » a distancia polar do astro.
A — » o angulo horario do mesmo astro.

A formula apresentada permitte nos considerar theoricamente, n'um primeiro estudo, tres especies de termos ou *ondas* a que chamaremos:

a) *Onda a longo periodo*, representada pelo primeiro termo que varia muito *lentamente* com a distancia polar Δ do astro.

b) *Onda diurna*, representada pelo segundo termo que varia com o angulo horario do astro.

c) *Onda semi-diurna*, representada pelo terceiro termo que varia com $2A$.

427 — Caracteristicas da onda de maré oceanica. — Os estudos até agora feitos habilitam-nos desde já a resumir em algumas considerações a provavel explicação do phenomeno das marés oceanicas nas suas particularidades mais conhecidas.

— A força attractiva, resultante das acções combinadas da lua e sol, produz sobre a camada liquida um movimento vi-

bratorio das moleculas liquidas, semelhantemente ao que se dá nas ondas de oscillação (n.º 414) correspondendo á equilibrio dynamico.

Nos mares profundos, só devem haver pequenissimos desnivelamentos: as intumescencias observadas nas costas e sobre os logares de pouco fundo são devidas ás resistencias que o mesmo fundo offerece áquelle movimento vibratorio (n.º 417).

—Dos dois ultimos termos do potencial (n.º 426) da lua, depende, em grande parte, o caracter de apparente regularidade da maré. Se só tem valor pratico o termo em $2A$ (onda semi-diurna), a maré repetir-se-ha duas vezes ao dia e será regular; se, pelo contrario, predomina o termo em A (onda diurna), o phenomeno é caracterisado pelo apparecimento de uma só maré principal diaria.

—As differenças observadas nas varias marés successivas de uma mesma localidade banhada pelo oceano devem attribuir-se a causas varias: posições relativas do sol e lua; alteração do valor particular de cada uma das forças attractivas pelas mudanças de valor de Δ e D; variação dos fundos e da conformação das costas; alteração dos elementos meteorologicos: vento e pressão, etc. etc..

—Quando as declinações do sol e da lua sejam nullas, não ha razão para haver onda diurna.—As correntes, que se notam principalmente nos logares baixos, e variaveis com as horas da maré, são da mesma especie das já mencionadas para as ondas de oscillação (n.º 414 *b*) A corrente é maxima nas occasiões de preamar e baixamar, respectivamente no sentido de propagação do movimento e sentido contrario, havendo paragem de corrente (habitualmente chamada *estofa da maré*) em occasião de meia maré de enchente e de vazante [1].

Os movimentos da corrente de maré são tanto mais importantes quanto menor fôr a profundidade [2].

428. — **Linhas cotidaes.** — As linhas que unem todos os pontos que teem o preamar á mesma hora chamam-se *cotidaes;* essas linhas são, portanto, o traçado das successivas

---

[1] Do exposto se conclue que não devemos dar, nas marés oceanicas, as denominações de *corrente* de *enchente* e de *vazante* ás correntes de marés, como fazemos para os rios. N'estes, como sabemos, a agua pára habitualmente em occasião de baixamar e preamar e por isso aquellas denominações se lhes applicam devidamente.

Tratando-se de marés observadas nas costas do mar, mais propio será chamar *corrente directa da maré* áquella que tem o seu maximo de velocidade em occasião de preamar, e *corrente retrograda da maré* á de maxima força em occasião de baixamar.

[2] No canal da Mancha as correntes de maré attingem cerca de 11 milhas por hora.

posições da crista da onda de maré e costumam representar-se de hora em hora, vindo referidas ás occasiões de syzigias e em que a lua e o sol estão em suas posições medias relativamente á Terra.

Ha já construidas, para os differentes oceanos e mares, as cartas de linhas cotidaes. O aspecto d'essas cartas indica claramente o modo como se faz a propagação da onda de maré. E' no oceano Pacifico que as marés se geram e aquellas que chegam á Europa são o resultado de uma onda derivada que penetra pelo sul do oceano Atlantico, tomando a crista n'este oceano uma direcção *E-W*.

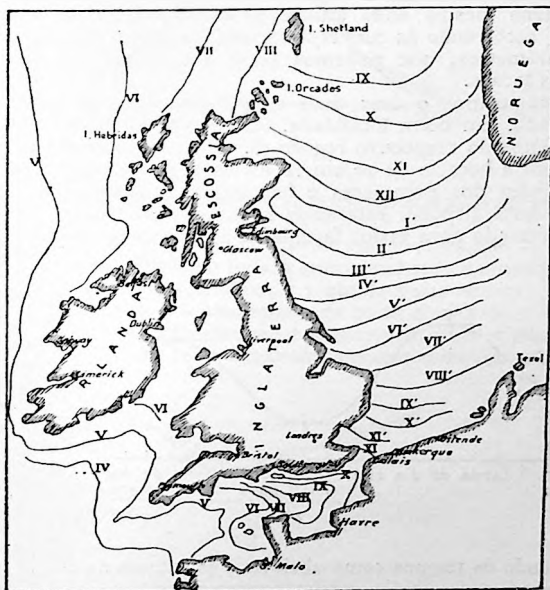



Fig. 204 — Linhas cotidaes na Mancha e Mar do Norte

A sobreposição de duas ondas de maré pode dar logar a differentes casos de interferencia. A Fig. 204 dá uma ideia das ondas de maré na Mancha e Mar do Norte. E' n'este mar que se notam duas ondas de direcção opposta: uma entrando pelo Norte e caminhando de *N* para *S;* outra vinda da Mancha.

§ 2. — CURVAS DE MARÉS LOCAES

429. — Marés locaes; seu estudo por curvas. — E', como vimos no n.º anterior, pelo traçado das linhas cotidaes que podemos fazer uma ideia da propagação da onda de maré atravez dos oceanos.

Gerada uma dada onda de maré pelas acções attractivas do sol e da lua, e propagada essa onda segundo os principios já expostos (n.º 427), as variações de profundidade e a configuração das costas alterarão constantemente a velocidade e direcção do movimento; d'ahi os variados desnivelamentos segundo as localidades e ainda as differenças de momentos em que uma mesma onda attinge as varias regiões do globo([1]).

E' recorrendo ás curvas de marés, dadas por marégraphos e marémetros, que podemos fazer um primeiro estudo das marés locaes.

Imaginemos o caso mais vulgar para nós, de haver sido montada, em certa localidade, uma escala de marés. Com os elementos do respectivo registo (n.º 211), feitas as observações de hora a hora, e de 10 em 10 minutos, pelo menos, nas proximidades dos preamares e baixamares (meia hora antes até meia hora depois), estaremos habilitados a traçar, em papel millimetrado para maior facilidade, as curvas de marés locaes,

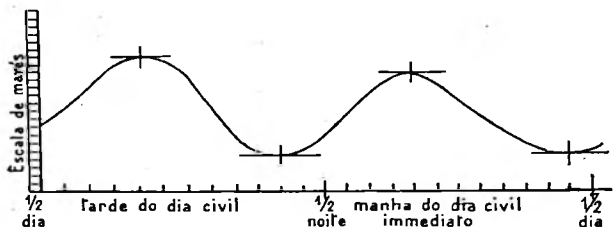



Fig. 205

tomando os tempos como abcissas e as leituras da escala como ordenadas, escolhidas escalas convenientes.

A Fig. 205 dá uma ideia d'esse traçado, pelo qual se conclue logo tratar-se de uma maré regular, abstrahindo das pequenas sinuosidades que podemos attribuir a erros de obser-

([1]) Como adeante diremos, entre o momento de impulsão originaria e aquelles em que a onda se faz sentir nas differentes localidades do globo, decorre um intervallo egual, em media, a 36.ʰ

vação (¹). N'essas curvas devem as alturas e horas dos preamares e baixamares ser definidas pelo ponto de tangencia das linhas rectas parallelas ao eixo dos tempos.

430. — Formas que podem apresentar as curvas de marés locaes. — A curva representada na Fig. 205, aproximando-se bastante da forma sinusoidal, corresponderá, como dissemos, a localidade onde as marés tenham um caracter accentuado de regularidade. Para se fazer uma ideia de certas

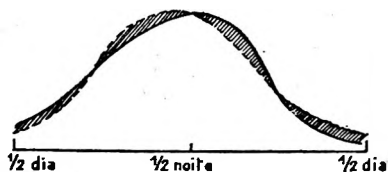



Fig. 206

irregularidades de causa diversa, apresentamos alguns exemplos caracteristicos:

a) Marés em que a onda diurna tem predominio. — E' o caso representado na Fig. 206. A curva ponteada é a sinusoide perfeita; a outra, a traço cheio, é a obtida pelas observações. O traçado indica-nos o predominio da onda diurna dando um só preamar no dia considerado e mostra-nos, além d'isso, os effeitos de uma onda semi-diurna de pequeno valor em relação

Fig. 207

ao da onda diurna. Com as differenças de ordenadas das duas curvas, poderiamos facilmente traçar uma nova curva que melhor nos elucidaria sobre os effeitos da onda semi-diurna.

(¹) Um mesmo papel pode comportar pelo menos as curvas relativas a um quarto de lunação, podendo chegar a representar, sem inconveniente, meia lunação, contanto que se adopte côr differente para cada uma das duas series.

b) Marés em que a onda diurna tem apenas uma acção modificadora, embora importante. — E' o caso representado na Fig. 207. A curva ponteada é a sinusoide perfeita; a outra, a traço cheio, é a obtida pelas observações. O traçado indica-nos o predominio da onda semi-diurna, dando as quatro marés, e elucida-nos sobre os effeitos da acção modificadora da onda diurna, effeitos que poderão ser graphicamente representados, procedendo como se disse no caso *a)*.

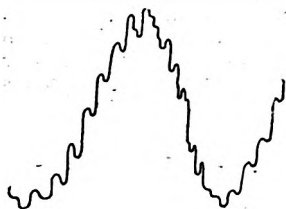



Fig. 208

c) Marés em localidades onde o fluxo e refluxo se não fazem livremente. — E' o caso representado na Fig. 208 e pode dar-se em bahias semeadas de baixos.

§ 3 — ELEMENTOS PRINCIPAES A CONSIDERAR EM MARÉS LOCAES

431. — Zero hydrographico. — Sendo, como já tivemos occasião de accentuar, variavel a posição do nivel dos mares e convindo adoptar um plano de referencia para contagem das sondas — *plano do zero hydrographico* — varios teem sido os criterios seguidos, criterios que teem dependido, principalmente, das circumstancias especiaes do phenomeno das marés, segundo as regiões a estudar, attendidas, quanto possivel, as necessidades da navegação.

Nas localidades onde a maré se apresenta com um caracter de regularidade, convirá adoptar para plano de referencia o dos *maximos baixamares*, porque sendo qualquer sonda referida a um tal plano, ha todas as razões para crêr que a navegação não encontrará em qualquer epocha, nas respectivas posições de sondagem, fundos inferiores aos escripturados nas cartas. Tal é a orientação seguida modernamente em França e entre nós, tratando-se, claro está, de mares regulares. Em Inglaterra, vemos adoptada ainda, em taes casos, o nivel dos baixamares ordinarios das syzigias. Procuram assim os inglezes aproximar-se mais da normalidade, fornecendo comtudo elementos para uma reducção ás circumstancias anormaes de marés maximas.

Nas localidades onde a maré se apresenta irregular, e segundo essa irregularidade, deve variar o criterio seguido, po-

dendo mesmo affirmar-se que em algumas o problema é de difficil senão impossivel resolução satisfactoria. Fundado nos estudos pelo methodo da «Analyse harmonica», o Almirantado inglez começa a adoptar, em portos onde a onda diurna é notavel, um plano mais baixo do que o do nivel dos baixamares ordinarios das syzigias.

432 — Elevação da agua. Desegualdades diarias e semi-mensaes em altura. — A' altura a que a agua chega acima do zero hydrographico, em occasião de preamar, se chama *elevação da agua* e tem os valores particulares: *elevação maxima e minima.*

— A' differença entre duas quaesquer successivas elevações da agua se dá o nome de *desegualdade diaria em altura.* Duas d'essas desegualdades successivas podem ter valores muito differentes em localidades onde se faça sentir a influencia da onda diurna.

— Chama-se *desegualdade semi-mensal em altura* á differença entre as elevações de dois preamares successivos de syzigia e quadratura, ou vice-versa. Essa quantidade dá uma medida da relação das forças attractivas do sol e da lua.

NOTA. — As desegualdades de que fallámos podem tambem referir-se ás alturas a que a agua chega acima do zero hydrographico em occasiões de baixamar.

433 — Amplitude da maré. Unidade de altura. Coefficiente de maré. — A differença entre as alturas de dois successivos preamar e baixamar, ou vice-versa, se denomina *amplitude da maré.* Nas localidades em que a onda diurna tenha uma certa importancia, é necessario considerar duas amplitudes successivas, tomando a chamada *maré total,* isto é, procurar a differença entre a semi-somma das alturas de dois preamares successivos e a altura do baixamar intermedio, ou a differença entre a altura de um preamar e a meia somma das alturas dos dois baixamares contiguos.

As amplitudes principaes são *a maxima, a media* e *a minima.* E' para notar que nem sempre á maxima e minima amplitude correspondem respectivamente a maxima e minima elevação da agua, facto explicavel nas localidades em que a onda a longo periodo se manifesta accentuadamente.

— Chama-se *unidade de altura* a um valor particular da semi-amplitude da maré, considerada localidade onde as marés se apresentem com o caracter de regulares. Esse valor *particular* e *constante* é o que se obtem no preamar seguinte á passagem da lua no meridiano ao meio dia ou meia noite, quando esse astro e o sol estejam no equador e a distancias medias á Terra.

— Chama-se *coefficiente de maré* ao numero variavel por

que é necessario multiplicar a unidade de altura para ter a semi-amplitude da maré n'um dado dia. E' um coefficiente meramente astronomico e, como tal, depende das posições dos astros attrahentes relativamente á Terra.

Designando respectivamente por e, U e C os valores da semi-amplitude de uma dada maré, unidade de altura e coefficiente correspondente á onda de maré considerada, será:

$$e = UC \qquad (23)$$

Em occasião opportuna trataremos das applicações praticas da formula anterior.

434 — Edade da maré. Intervallo lua-maré. Desegualdades diarias e semi-mensaes em tempo. Estabelecimento do porto. — Theoricamente, adoptada qualquer das theorias de Newton e Laplace, e sem attender ás distancias variaveis dos astros á Terra, o maximo effeito das acções attractivas deveria ser sentido, em cada uma das varias regiões do globo, em occasião de syzigia, quando o sol e a lua passassem simultaneamente no plano do meridiano considerado. A observação, porém, mostra-nos que a cabeça d'agua (n.º 423) se não dá n'aquella occasião, mas sim em epocha posterior, decorrendo, entre a hora da syzigia e a da maré de maior amplitude, um intervallo que varia segundo as localidades de $1\frac{1}{2}$ a 3 dias [1].

Esse atrazo, explicado pela necessidade de vencer a inercia da materia, a cohesão das moleculas liquidas, os attritos etc., toma o nome de *edade da maré*.

Chama-se *intervallo lua-maré* ao tempo que decorre entre o momento da passagem da lua pelo meridiano superior ou inferior do logar e o do preamar immediatamente seguinte a essa passagem. Distinguem-se: *intervallos superiores* e *inferiores*, segundo a passagem meridiana considerada. Adoptado o symbolo (☽-maré) para representar esse intervallo, é:

(☽-maré) superior = Hora do preamar — Hora da passagem da ☽ no meridiano superior
(☽-maré) inferior = Hora do preamar — Hora da passagem da ☽ no meridiano inferior (24)

N'um mesmo local os intervallos lua-maré podem ter valores muito differentes, segundo a edade da lua.

Diz-se *intervallo lua-maré medio* á media dos intervallos

---

[1] Nos portos do continente do reino, o atrazo é avaliado em 36ʰ, isto é, a maior maré dá-se aproximadamente dia e meio depois da syzigia.

obtidos durante uma lunação, consideradas todas as passagens superiores e inferiores.

— A' differença entre dois intervallos lua-maré successivos, superior e inferior, ou vice-versa, se chama *desegualdade diaria em tempo*. Duas d'essas desigualdades successivas podem ter valores muito differentes em localidades de marés irregulares.

— Chama-se *desegualdade semi-mensal em tempo* á differença entre os dois intervallos lua-maré de syzigia e seguinte quadratura, ou vice-versa.

— O *estabelecimento do porto* é, como a unidade de altura (n.º 433), um valor *particular* e *constante* que define as marés regulares de uma dada localidade.

E' representado pelo valor do intervallo lua-maré no preamar seguinte á passagem da lua no meridiano ao meio dia ou meia noite, quando esse astro e o sol estejam no equador e a distancias medias á Terra.

Considerado um qualquer valor (☽-maré), o estabelecimento do porto EP é dado pela seguinte expressão:

$$EP = (\text{☽-maré}) + \text{correcção}. \qquad (25)$$

Em occasião opportuna veremos como se obtem essa correcção.

435 — Algumas designações adoptadas em publicações inglezas e principalmente nas cartas do Almirantado. — Ao fluxo e refluxo da maré correspondem respectivamente os termos *rise and fall*: traduzindo as designações *high water* e *low water* aquillo a que chamamos respectivamente preamar e baixamar.

— *Flow and ebb* designam as correntes directa e retrograda da maré.

— Os termos *spring tides* e *neap tides* traduzem as marés especiaes a que chamamos respectivamente aguas vivas e mortas.

— As sondas são, como já dissemos, habitualmente referidas ao plano do baixamar ordinario das syzigias: *mean low water spring tides*.

— *Rise* e *range* traduzem respectivamente as designações: elevação da agua e amplitude, atraz definidas.

— *Diurnal or semimenstrual inequality of heights; diurnal or semimenstrual inequality of time; age of the tide; lunitidal interval* são expressões equivalentes ás desegualdades, edade da maré, intervallo lua-maré, já definidas.

— A abreviatura *H. W. F. & C. (high water on full and*

change) [1] exprime o que os inglezes chamam «*vulgar establishment of the port*», representado pelo valor do intervallo lua-maré quando a lua passa no meridiano ao meio dia ou meia noite [2].

§ 4. — BREVES NOÇÕES SOBRE MARÉS FLUVIAES

436. — Generalidades. — São os rios de marés os que mais convêm á navegação, tornando-a mais segura, principalmente porque, estabelecida na vazante a chamada *corrente de varrer*, é mantida sensivelmente a profundidade de regimen nas barras. O phenomeno das marés dá-se nos rios por varias modos dependentes da configuração particular do fundo na foz, inclinação dos leitos e formas das margens, mas sempre com caracteristicas proprias que, embora affastando-se muito das apontadas para as marés oceanicas, obdecem por vezes a leis geraes.

Como veremos no n.º seguinte, considerados casos especiaes, a propagação da onda de maré nos dominios intermarginaes faz-se, na essencia, segundo os principios já conhecidos, com as alterações de manifestação dependentes, como dissemos, de circumstancias particulares. Ahi se nota o fluxo e o refluxo como nas marés oceanicas. As correntes de maré são então a resultante de duas acções combinadas: a luni-solar e a natural vazão das aguas fluviaes, em virtude da inclinação dos leitos. Se, pois, o leito tem n'algum ponto maior corrente de vazão do que a de enchente propriamente devida á propagação da maré, é natural que o movimento das aguas se faça ahi sempre no sentido da foz [3]. Junto ás margens e principalmente perto dos pontaes ou construcções que avancem para a parte maritima, ha geralmente uma contra-corrente indo em sentido inverso da corrente geral, então bastante accentuada sobre a linha do thalweg [4], etc..

E' o assumpto por demais complexo e vasto para ser tratado aqui com o necessario desenvolvimento; por isso nos restringiremos a umas breves noções, considerado o caso especial

---

[1] *Full and change* referem-se respectivamente á lua cheia e lua nova; traduzem, pois, as epochas de syzigias.

[2] Este valor é, como facilmente se comprehende, um pouco differente d'aquelle a que chamámos no n.º 434: estabelecimento do porto.
Os inglezes teem ainda o chamado *mean establishment*, representado pela media de todos os intervallos lua-maré durante meia lunação.

[3] E' o que succede nos rios caudalosos como, por ex., o Zaire.

[4] E' o que estamos habituados a vêr no Tejo.

de um rio que em todas as occasiões permitta a entrada da onda de maré oceanica, isto é, um rio cuja barra fique em nivel inferior ao dos maiores baixamares do littoral visinho.

437. — Onda instantanea fluvial; propagação da onda de mare. — Nos rios é possivel não só o estudo da forma por que se apresenta a onda local, mas ainda facil será obter o graphico do desenvolvimento da onda de maré que sóbe para montante. Bastará para isso haver uma sequencia de marémetros, todos bem ligados entre si por um perfeito nivelamento (n.º 309, *b*)). Conhecendo-se a distancia horisontal entre cada duas escalas successivas e as altitudes dos seus zeros, poder-se-ha, por meio de observações simultaneas d'essas escalas, obter a forma da superficie da onda em cada instante. O conjunto de taes perfis instantaneos dará uma clara ideia de como se passa o phenomeno das marés em todo o rio.

Tomando por abcissas as distancias horisontaes entre os marémetros e por ordenadas as alturas lidas n'um mesmo instante, as linhas que unem dois a dois os pontos assim obtidos originarão uma curva dita *instantanea da maré.* Feitas as observações a diversas horas, poderemos obter um traçado como o da Fig. 209 que nos mostrará *nos casos geraes:*

—que o logar geometrico de todos os baixamares é uma linha ascendente;

—que, principalmente em occasião de aguas mortas, todos

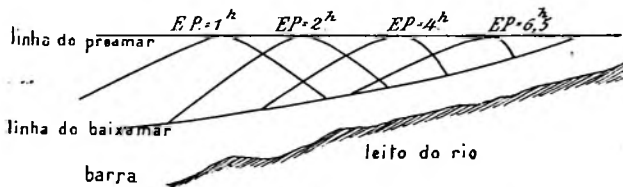



Fig. 209

os preamares da mesma onda teem a mesma elevação, a do preamar da foz;

—que as successivas posições da onda de maré são dadas por curvas cuja curvatura na parte anterior vae augmentando; d'onde resulta que a duração da enchente vae diminuindo para montante, augmentando a da vazante, por forma que a somma d'esses dois tempos é egual ao espaço de tempo que decorre entre os dois baixamares consecutivos na foz do rio;

—que a onda da maré se não faz sentir além do ponto em

que a altura do preamar attinge a linha do nivel natural do rio, formada pela sua linha do baixamar;

— que a amplitude da maré vae diminuindo para montante;

— que o estabelecimento do porto vae sendo cada vez maior á medida que se sobe o rio, podendo attingir 6h e mais, e assim será vazante na foz e ainda a onda se vae propagando para montante.

A corrente da maré acompanha sensivelmente o fluxo e refluxo; as paragens da corrente seguem de perto os preamares e baixamares. E' esta a principal caracteristica das marés fluviaes que assim tanto differem das marés oceanicas, como já tivemos occasião de accentuar.

NOTA. — Apesar das apparentes irregularidades notadas nas marés fluviaes, ha, comtudo, uma mais perfeita periodicidade nos phenomenos consequentes da propagação da onda nos rios e pontos interiores, do que propriamente no desenvolvimento da onda nas costas do mar.

438. — O zero hydrographico nas marés fluviaes. — Tratando-se de sondagens n'uma pequena extensão de rio, montada no local uma escala de marés, adoptaremos para plano de reducção o dos maximos baixamares n'esse local, como foi indicado no n.º 431.

Nas grandes extensões poderiamos proceder por partes separadas, adoptando em cada uma o zero atraz indicado; mas é preferivel, principalmente quando não haja grandes differenças, unificar os planos de referencia das sondas, escolhendo um unico que pode ser o dos maximos baixamares da foz ou porto proximo. Para isso estabeleceremos, em posições convenientes [1], além do marémetro da barra ou porto proximo, successivas escalas de marés, ligadas por um perfeito nivelamento; estaremos assim habilitados a determinar, em cada uma d'essas escalas, a leitura correspondente á superficie do nivel dos maximos baixamares no local de montagem do primeiro marémetro.

Adoptado este ultimo criterio, ficam muitas das sondas reduzidas com um valor menor do que o do fundo correspondente; mas taes differenças não prejudicam evidentemente a navegação em geral, principalmente quando se mencione a differença de alturas que existe entre os planos do maximo baixamar na região da sonda e o adoptado.

---

[1] Praticamente, não devem as distancias entre duas escalas consecutivas ser superior a 3 milhas e, quando seja possivel, se attenderá a que não haja, entre os locaes de montagem de duas escalas successivas, uma differença de nivel das aguas, no mesmo instante, superior a 0m.3.

NOTA. — O facto, por nós já accentuado de, em occasião de aguas mortas, todos os preamares da mesma onda terem a mesma elevação — a do preamar da foz — pode servir-nos para uma rapida determinação da leitura, em cada escala, correspondente ao plano do zero hydrographico adoptado. Basta para isso registar, em occasião de aguas mortas, a maior altura a que subiu a agua nos differentes marémetros, tomada uma mesma maré, e a cada uma das leituras applicar convenientemente o valor da elevação da agua (n.º 432) na foz.

439. — Algumas considerações a attender nos trabalhos hydrographicos em rios. — Agora que fazemos uma ideia, embora generica, da forma por que se manifesta o phenomeno das marés nos rios, é occasião de juntar aos estudos anteriormente feitos algumas considerações com caracter pratico, sobre assumpto tão importante como aquelle de que estamos tratando.

Quaesquer trabalhos hydrographicos nos rios teem de obedecer, quanto ao modo e tempo de execução, a um criterio que sobretudo depende da pratica e regimen proprio da região a levantar.

Como principios geraes podemos, comtudo, estabelecer: que a barra e leito de um rio teem, além de uma variada configuração, uma extraordinaria facilidade de alteração com o tempo; d'ahi a pouca confiança que nos deve merecer, em geral, qualquer trabalho hydrographico proprio que não seja de execução recente; — que os phenomenos meteorologicos: o vento, a chuva, etc. muito alteram o regimen proprio de um rio: — que a melhor maneira de se poder fazer uma ideia da configuração do leito, para estabelecimento de um projecto de sondagens, é subir ás grandes elevações, embora afastadas; — que a melhor occasião para determinar limites de baixos, corôas, etc., é a do baixamar de aguas vivas; — que, em geral, os trabalhos de sondagens em locaes de regular profundidade devem ser executados em occasião de aguas mortas e, quanto possivel, no intervallo que medeia entre a hora do preamar e aquella em que a corrente de vazante se faz sentir com alguma violencia; assim se evitam as fortes correntes d'agua que muito prejudicam os trabalhos de sondagem, e se procura ao mesmo tempo attenuar o effeito das causas de erro na reducção das sondas.

440 — Macaréo. — Nos rios com pouca agua nas barras e bastantes baixos, o começo da enchente d'aguas vivas é feito, ás vezes, bruscamente, com uma notavel energia, dando logar ao phenomeno denominado *macaréo*, phenomeno observado em alguns rios da Europa e da America e ainda na Guiné. O estudo das ondas instantaneas conduz ao esboço

representado na Fig. 210, em que a setta mostra o sentido de propagação do movimento, isto é, o lado de montante.

O macaréo póde ser muito perigoso para as embarcações

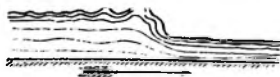



Fig. 210

e faz-se, algumas vezes, annunciar pelo barulho que acompanha a sua marcha devastadora.

§ 5 — CALCULO DOS ELEMENTOS PARA ESTUDO DAS MARÉS LOCAES, QUANDO REGULARES

441 — Considerações prévias. Nos trabalhos hydrographicos commettidos a officiaes de marinha ha, em geral, a contar com um espaço de tempo limitado; raros serão os que por uma forma continua levem um mez desde o começo até completo acabamento.

Considerada localidade em que as marés se apresentem com um caracter de regularidade, poderemos em geral depositar, para os usos da navegação, a necessaria confiança nos elementos fornecidos pelo estudo das marés durante meia lunação.

Montado o marémetro em local apropriado (n.º 206), e escripturado o respectivo registo [1], teremos os necessarios elementos para proceder ao estudo das marés locaes.

Quando a pressão barometrica seja muito differente da normal, é necessario attender a que uma grande differença póde produzir alteração sensivel na altura das aguas, alteração que evidentemente se traduz n'uma {elevação ou depressão} do mesmo nivel, segundo o barometro accusa {menor ou maior} pressão do que a normal na localidade.

Chamando, em geral, g á graduação da escala de marés (o zero para a parte superior) [2] correspondente a uma certa

[1] Modelo *C*, paginas 182 do *Livro I*.

[2] Em todos os calculos que se seguem, supporemos o zero para a parte superior.

altura do nivel das aguas quando o barometro accusava a pressão p, a leitura *correcta* G terá por valor:

$$G = g + (\textit{pressão normal} - p)$$

442 — Determinação das semi-amplitudes. — Procedendo como se disse no n.º 429, adoptadas as leituras já correctas da pressão, construiremos, dia a dia, as curvas de marés, e com os elementos d'esses graphicos estaremos habilitados a determinar as semi-amplitudes, attendendo ao que se disse no n.º 433. Chamando G_1, G_2 e G_3 ás graduações da escala correspondentes a tres successivas posições extremas do nivel

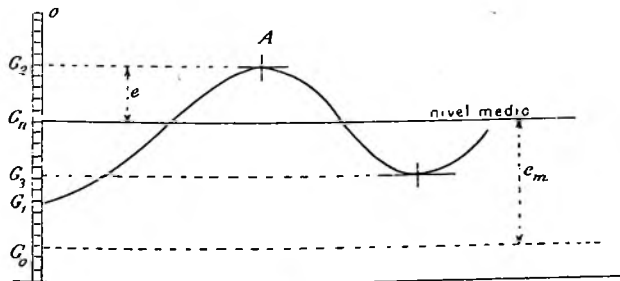



Fig. 211

n'uma maré total, será no caso da Fig. 211, a semi-amplitude e, correspondendo á maré do preamar A, dada pelo valor:

$$e = \frac{\frac{G_1 + G_3}{2} - G_2}{2} = \frac{G_1 - 2\,G_2 + G_3}{4} \qquad (26)$$

443 — Determinação do coefficiente C de marés. — Nas localidades onde a relação das forças attractivas do sol e da lua seja aproximadamente de 1:3, podem ser aproveitados os valores de C fornecidos pelo «Annuaire des marées

des côtes de France» ou pelo «Annuaire du Bureau de Longitudes» ([1]).

— Em Portugal tem sido adoptada, na nossa Commissão geodesica, uma expressão mathematica muito simples para calcular o coefficiente C em occasião de syzigias:

$$C = A\, d^3_{\odot} \cos^2 D_{\odot} + B\, d^3_{☽} \cos^2 D_{☽} \qquad (27)$$

em que

$$\log A = 0.44075 \quad ; \quad \log B = 0.95665$$

e D e d representam respectivamente declinações e semi-diametros, elementos cujos valores devem ser calculados para 36 horas antes ([2]).

NOTA. — Em occasião de quadratura, a formula (27) poderá ser applicada, mudando o signal ao termo relativo ao sol.

144 — Determinação da unidade de altura. — Obtidos, como dissemos nos numeros anteriores, os valores de e e correspondente de C, teremos varios quocientes $\frac{e}{C}$ (formula 23) cuja media, durante meia lunação, nos dará um valor bastante aproximado da unidade de altura.

145 — Determinação do nivel medio. — Da Fig. 211 se tira, que a leitura G_n, correspondente ao nivel medio, tem por valor:

$$G_n = G_2 + e$$

Substituindo o valor de e dado na formula (26), teremos:

$$G_n = G_2 + \frac{G_1 - 2\,G_2 + G_3}{4} = \frac{G_1 + 2\,G_2 + G_3}{4}$$

E assim se procederá com as seguintes marés totaes.

([1]) Este ultimo Annuario dá os valores de C em occasião de syzigias O «Annuaire des marées des côtes de France» fornece os valores do coefficiente (em centesimos) para todas as marés do anno. Quando se queira obter o valor de C correspondente a uma dada maré de certa localidade, bastará ver pela hora do preamar considerado, qual a hora do preamar da mesma onda, em Brest; com este argumento a tabella dará o coefficiente desejado.

O maximo e minimo de C são respectivamente 1.20 e 0.35, valores aproximados.

([2]) E' essa, como já dissemos, a edade da maré nos portos do continente. Para resolução da formula (27), devem os valores de d ser expressos em segundos.

Se as observações tiverem sido feitas com o necessario cuidado e a escala estiver montada em local proprio, não devem, suppondo marés regulares, os diversos valores de G_n differir de mais de meio decimetro em dias successivos.

NOTAS. — Para maior rigôr, é conveniente o emprego da formula empyrica que adeante apresentamos, e devida a M. Bouquet de la Grye. N'essa formula se consideram duas successivas marés totaes, começando por um baixamar. Chamando G_1, G_2, . . . G_6 ás leituras correctas obtidas nas successivas posições extremas do nivel das aguas, é:

$$G_n = \frac{1}{16}(G_1 + 3G_2 + 4G_3 + 4G_4 + 3G_5 + G_6)$$

—Nas instrucções redigidas para a campanha do Challenger em 1872, o Almirantado inglez recommendava que para determinação do nivel medio fôssem feitas observações, pelo menos durante 2 dias, e a horas taes que tanto o dia solar como o lunar ($24^h\,48^m$ de tempo solar) ficassem divididos em partes eguaes; assim, suppondo a divisão por tres, e partindo de uma hora qualquer a que chamaremos zero, as horas de observação deveriam ser:

$0^h\ 0^m$	$8^h\ 0^m$	$16^h\ 0^m$
8 16	16 16	24 16
16 32	24 32	32 32

As difficuldades de observação a uma hora precisa, principalmente de noite, tornam este methodo pouco recommendado.

—O nivel medio pode ainda ser determinado graphicamente, pelo diagramma geral das marés (n.º 451).

446. — Determinação do zero hydrographico. — Adoptado o plano dos maximos baixamares para reducção de sondas e chamando G_n á leitura correspondente ao nivel médio, a graduação G_o a que a agua desce n'aquelles baixamares terá por valor:

$$G_o = G_n + e_m$$

sendo e_m a semi-amplitude maxima; mas como $e_m = UC_m$ sendo C_m o valor maximo 1.20 do coefficiente de maré, teremos:

$$G_o = G_n + 1.2\ U$$

447. — Determinação do estabelecimento do porto. — Calculados os intervallos lua-maré correspondentes ás passagens meridianas da lua no logar, applicaremos a cada um d'elles, como se indicou no n.° 434, a respectiva correcção.

Essa correcção, a sommar algebricamente ao intervallo lua-maré, pode ser obtida por algum dos seguintes meios:

—Recorrendo á taboa XVI* da collecção de Norie, trocando o signal ao elemento obtido.

— Usando da taboa X do Appendice, trocando o signal ao elemento obtido.

—Utilisando uma taboa especial para o mesmo fim, que Germain apresenta no seu livro «Traité d'hydrographie», etc.

NOTAS. — Todas as tabellas a que nos referimos dão, como dissemos, a correção a applicar ao intervallo lua-maré para ter o estabelecimento do porto; mas os valores obtidos só são aproximados, por isso que em tal correcção se tem de attender não só ás posições relativas dos astros attrahentes e suas distancias á Terra, como á edade da maré.

A taboa XVI* da collecção de Norie, dando o effeito da acção do sol accelerando ou retardando a hora do preamar produzido pela acção da lua, não entra em linha de conta com a edade da maré. O mesmo succede com a taboa de Germain. A taboa X do Appendice attende em parte á edade da maré, mas considera uma paralaxe media.

—A combinação das tabellas que consideram a parallaxe ou semi-diametro com as que attendem á edade da maré, deve conduzir naturalmente a resultados mais aproximados.

—Poderemos ainda obter, em certos casos, um valor aproximado do estabelecimento do porto, recorrendo ao diagramma geral das marés (n.° 451).

448. — Determinação da edade da maré. — Essa determinação pode ser directamente feita, buscando, no registo da escala de marés e em occasião de syzigia, os necessarios elementos.

449. — Diagramma geral das marés; sua construcção. — Consiste este *diagramma* na representação graphica geral das principaes caracteristicas de um periodo de marés locaes. Figuram n'este diagramma as alturas e horas dos differentes preamares e baixamares successivos, devendo distinguir-se a maré que immediatamente segue a passagem meridiana superior da lua, da produzida em occasião immediata á passagem inferior. Todos os dados e elementos de estudo ahi devem figurar graphicamente. Muitas são as conclusões que de tal estudo graphico se podem extrahir e, entre os diversos processos propostos, merece particular attenção ao official de marinha o que adeante se expõe.

Modelo G

Registo dos elementos para o diagramma geral das marés

Dia astronomico	Mez e anno	Hora da passagem da ☽ no meridiano do logar		Leituras correctas da escala				Horas (t. m.) astronomicas (do logar) correspondentes ás leituras anteriores				Intervallos lua–maré		Annotações
				Onda seguinte á passagem superior		Onda seguinte á passagem inferior		Onda seguinte á passagem superior		Onda seguinte á passagem inferior				
		Superior	Inferior	Preamar	Baixamar seguinte	Preamar	Baixamar seguinte	Preamar	Baixamar seguinte	Preamar	Baixamar seguinte	Passagens superiores	Passagens inferiores	

Logo que haja um numero grande de observações[1] a reduzir ao graphico geral, é indispensavel fazer um mappa dos valores que ha a representar. O modelo *G* de registo, que apresentamos na pag. anterior, dá uma ideia do modo de proceder, sendo parte dos elementos a escripturar extrahidos das curvas locaes de marés e outra parte calculada por processos já conhecidos.

Vejamos agora como se procede á construcção do diagramma. Para melhor comprehensão imaginemos um exemplo:

Tracemos em papel millimetrado uma linha *XY*, Fig. 212, que representará o eixo dos tempos e sobre ella, em escala que pode ser de $0^m.01$ por hora, marquemos, a partir da posição indicada para o marémetro (representado na escala $^1/_{10}$ sendo possivel), distancias eguaes a um centimetro.

Tomando, na origem, a hora (tm do logar) immediatamente anterior ao momento da primeira passagem da ☽ no meridiano, escreveremos pela parte {de cima e debaixo} de *XY* e por ordem, as horas nos pontos successivos marcados, correspondendo essas horas a successivas passagens {superiores e inferiores} da ☽; os numeros escriptos em cada ponto devem, pois, differir de 12^h.

Sobre $X'Y'$ e $X''Y''$ marcaremos respectivamente os momentos das passagens superiores e inferiores, levantando ordenadas nos pontos obtidos. Sobre cada uma d'essas ordenadas tomaremos as leituras correctas do marémetro, correspondentes ao preamar, que immediatamente se segue á passagem considerada, e ao baixamar seguinte a esse preamar; assim: sobre a ordenada *pb*, Fig. 212, relativa á maré da passagem meridiana superior da lua ás $9^h 30^m$ do dia 25 de fevereiro de 1896, tomámos as leituras $p = 1^m.15$ e $b = 2^m.06$ obtidas na escala de marés, no preamar que immediatamente se seguiu áquella passagem e no baixamar seguinte a esse preamar.

Unindo os varios pontos assim obtidos: *b* com *p'*, *b'* com *p''* etc., etc. e distinguindo, por differença de traço, alternadamente as marés totaes[2] correspondentes ás successivas passagens superiores e inferiores, teremos uma representação graphica que nos dá uma nitida ideia das alterações de amplitude durante o periodo das observações. Na parte superior e correspondente a cada preamar, se marcará em escala conveniente, o valor respectivo do intervallo lua-maré, distinguindo-se a

---

[1] Do caracter de maior ou menor regularidade da maré, dependerá naturalmente o numero de observações a executar.

[2] Cada onda sendo, como é natural, determinada pela linha de enchente e seguinte linha de vazante.

linha que une todos os pontos relativos ás passagens superiores, da curva que liga os pontos relativos ás inferiores, naturalmente usando da mesma convenção que foi adoptada para as ondas de maré.

Estudo graphico geral de marés

(Exemplo extrahido d'observações em Mossamedes)

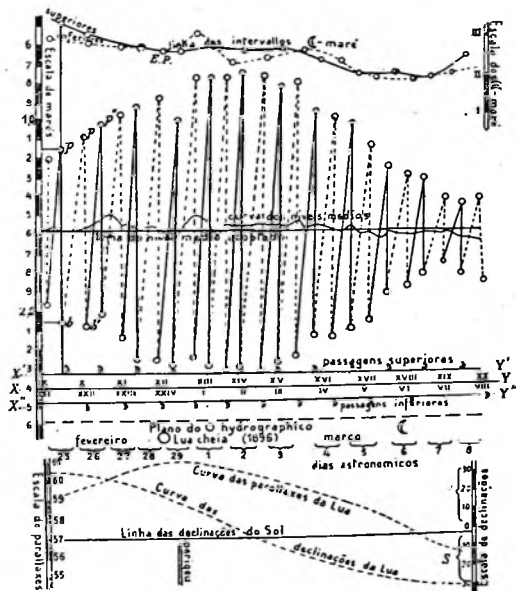



Fig. 212

N. B. — O vento foi da viração habitual; a pressão média 760mm, variando entre os limites das alterações diarias. Não houve, portanto, necessidade de se traçarem as respectivas curvas.

Para complemento do graphico, dever-se-ha ainda: indicar as epochas das phases principaes da lua; escripturar, na escala dos tempos, a data civil; construir, como se faz na Fig. 212, as

curvas de declinação do sol e da lua e a da parallaxe d'este ultimo astro; traçar a curva das pressões medias diarias, e bem assim dar indicações sobre o vento que houve.

450 — Conclusões a tirar do diagramma geral das marés. — Um graphico, como o da Fig. 212, quando abranja um grande periodo d'observações, mostra-nos claramente: o valor das desegualdades em tempo e altura (n.os 432 e 434), d'onde poderemos ajuizar do caracter de maior ou menor regularidade das marés na localidade; a influencia que as posições relativas dos astros attrahentes e suas distancias á Terra podem ter no phenomeno das marés; a relação das forças attractivas do sol e da lua, pelos valores das desegualdades semimensaes em altura (n.º 432); o valor aproximado da amplitude media e, até certo ponto, o que se pode esperar de futuro nas seguintes marés; o valor aproximado da edade da maré, etc.

451 — Determinação do nivel medio e valor aproximado do estabelecimento do porto, pelo diagramma geral das marés.

a) Se no diagramma da Fig. 212 unirmos por linhas rectas os meios de todos os traços que formam o zig-zag, teremos uma linha, em geral, quebrada; a linha que passar pelos meios dos elementos polygonaes representará aproximadamente as successivas posições do nivel medio.

Quando não haja onda a longo periodo, essa ultima linha

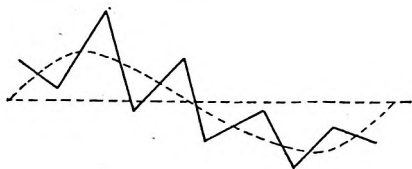



Fig. 213

deve ser sensivelmente parallela ao eixo dos tempos; de contrario, a curvatura indicará o valor de uma ou mais d'essas ondas, e o nivel medio será então obtido procurando a linha que separa areas eguaes. A Fig. 213 dá-nos uma ideia do modo por que se procede n'esses casos: a linha a cheio é a quebrada primeiro obtida, unindo os meios dos traços do zig-zag; a curva ponteada o logar geometrico dos meios dos elementos polygonaes, e, por ultimo, a recta a pontos separa areas eguaes. Assim foi determinado o nivel medio na Fig. 212.

b) Quando a maré é sufficientemente regular, o intervallo

lua-maré medio dos dois obtidos pelas curvas respectivas, e correspondentes a $\begin{cases} XII \\ XXIV \end{cases}$ da passagem da lua no meridiano, representa um valor aproximado do estabelecimento do porto. Em virtude d'essas considerações, se determinou a posição *EP* indicada na Fig. 212; a ordenada medida na respectiva escala dará o elemento pedido.

NOTA. — A posição do plano do zero hydrographico deve ser representada no graphico geral. Determinada a linha do nivel medio adoptado, calcularemos G_0 (n.° 446), e por essa graduação tiraremos uma parallela ao eixo dos tempos. (Vidè Fig. 212).

§ 6 — PREVISÃO DAS MARÉS REGULARES

452 — Problemas principaes a resolver. — Em localidades onde a maré apresenta um caracter de regularidade, bastará o conhecimento da unidade de altura e estabelecimento do porto [1], para resolver os problemas mais importantes que podem interessar á navegação. E' da resolução d'esses problemas que trataremos n'este numero.

a) *Calcular a semi-amplitude de uma dada maré.* Conhe-

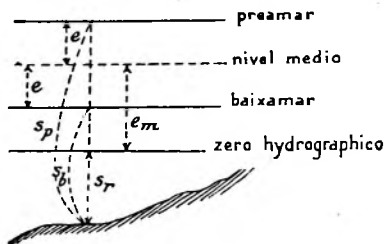



Fig. 211

cida a unidade de altura *U* e o coefficiente *C* correspondente á maré considerada, será (n.° 433):

$$\textit{semi amplitude pedida} = UC$$

[1] Elementos que, como se sabe, costumam vir mencionados nas cartas maritimas.

b) *Pretende-se saber a altura da agua que haverá n'um ponto de sonda reduzida s_r, no momento de um dado preamar ou baixamar.*

Calcule-se a semi-amplitude e da maré considerada (problema *a)* e o valor $e_m = 1.2\ U$; teremos, Fig. 214:

$$s_p = s_r + e_m + e$$
$$s_b = s_r + e_m - e$$

NOTAS.—O «Annuaire des marées des côtes de France» e as «Tide tables» dão, para os varios portos francezes e inglezes, os valores $e_m \pm e$ respectivamente sob os nomes de *hauteurs* e *heights*

Para o porto de Lisboa fazem-se tabellas que, dando as semi-amplitudes, facilitam a resolução dos problemas considerados.

c) *Calcular a hora de um certo preamar.* As formulas (24) e (25) dão-nos:

Hora preamar = Hora passagem ☾ no logar + EP + correcção

podendo a correcção ser dada, com o devido signal, pela taboa XVI* da collecção de Norie ou pela taboa X do Appendice [1].

NOTAS.—A hora do seguinte baixamar pode-se obter, aproximadamente, juntando á hora do preamar $6^h\ 12^m$.

—O «Annuaire des marées des côtes de France» dá as horas que se devem sommar ou subtrahir ás dos preamares de Brest ahi indicados para se obterem as horas dos preamares produzidos pela mesma onda de maré em diversos logares do globo. Em taes localidades, pois, a hora de preamar é assim obtida effectuando uma simples somma algebrica.

—Os dois elementos, altura da agua e hora do preamar, podem, para cada localidade, ser obtidos por meio de tabellas proprias, conhecendo os valores medios dos mesmos elementos e as desegualdades e respectivas correcções a applicar segundo os dados: parallaxe, declinação e edade da maré.

453 — Previsão pelo diagramma geral. — Postas as formulas do grupo (24) sob a forma geral:

Hora preamar = (☾-maré) + Hora da passagem da ☾ no logar

e tratando-se de marés regulares, o diagramma pode fornecer-

---

(1) Vide as duas primeiras notas ao n.º 447.

nos, em epochas futuras, e attendida a edade da lua, um valor muito aproximado do intervallo lua-maré a applicar á hora da passagem meridiana d'esse astro, para ter a hora do preamar.

— Ainda em marés regulares, um diagramma geral póde-nos fornecer indicações sobre as alturas da agua, dada a proxima egualdade de circumstancias em marés futuras. Diagrammas, em que principalmente a lua tenha posições caracteristicas quanto á sua distancia á Terra, phase e valor da declinação, podem, quando confrontados, dar indicações muito aproximadas sobre as alturas da agua, considerada a lua n'uma posição relativa differente.

§ 7 — PREVISÃO DAS MARÉS IRREGULARES

454. — Considerações prévias; objectivo da Analyse harmonica das marés. — Em localidades onde a maré se manifesta com um caracter de accentuada irregularidade, não podem ter applicação os principios expostos nos parágraphos anteriores, por não assentarem esses principios sobre bases geraes que dêem ao phenomeno caracteristicas de um valor seguro.

Não cabe nos limites de um curso elementar, o estudo da theoria da *Analyse harmonica das marés*; não vamos pois, n'este parágrapho, demonstrar as bases em que ella assenta, nem tão pouco fazer desenvolvida applicação pratica dos principios fundamentaes. Querendo prestar ao assumpto a importancia que elle realmente merece, procuraremos, o mais resumidamente possivel, dar uma ideia do modo por que lord Kelvin resolveu a questão, pondo-a sob uma forma de applicação pratica de relativa facilidade, applicação já hoje feita em varios portos do mundo.

Se em localidade de marés irregulares, e durante um grande periodo de tempo (1), fôrem obtidas curvas de marés aproveitando as indicações do marégrapho ou marémetro ahi estabelecido, teremos á nossa disposição uma serie de sinusoides imperfeitas, cuja successiva juncção produzirá uma sinusoide geral; é sobre esta sinusoide que devemos fazer o estudo das marés locaes.

A Analyse harmonica tem, então, por fim decompôr a sinusoide geral n'um certo numero de sinusoides regulares e,

(1) Habitualmente, um anno.

conhecidas as constantes da equação de cada uma d'estas curvas, estaremos habilitados a proceder á *synthese*, recompondo, em qualquer occasião, os movimentos elementares proprios, de modo a obter uma curva resultante, curva que nos habilita a prevêr as marés locaes.

455. — Theoria da Analyse harmonica.

a) *Theorema fundamental.* — Demonstra a theoria a possibilidade de desenvolvimento da formula do potencial V de um astro (n.º 426) em termos periodicos, bem como a legitimidade do estudo separado dos effeitos de cada um d'esses termos ou *ondas*, quando se considere que o phenomeno das marés ***não soffreu alteração sensivel nas suas condições de manisfestação.***

Se G, S, q e α representarem quantidades constantes e t o tempo medio, cada um d'aquelles termos terá por expressão geral:

$$G\ S \cos (qt - \alpha)$$

expressão de um força de periodo e amplitude constantes.

Theorema. Cada termo da serie do potencial em desenvolvimento provocará um movimento do nivel das aguas, representado pela equação:

$$y = M\ S \cos (qt - \zeta) \qquad (28)$$

Esta equação em que M, S, q e ζ são theoricamente constantes e t o tempo medio, é a de uma sinusoide regular representando o perfil de uma *onda elementar theorica*, ***de semi-amplitude** MS, **velocidade angular** q, **e situação ou phase** ζ.*

S é o chamado *coefficiente astronomico*, coefficiente cujo valor depende da posição da orbita do astro attrahente, e qt (a parte variavel de cos $(qt - \alpha)$) é o que se chama *argumento* da onda.

E' evidente que a ordenada y toma os mesmos valores no fim do tempo T tal que:

$$T = \frac{360^\circ}{q}$$

A esse tempo se chama *periodo* da onda.

Diz-se que uma onda é *harmonica* de uma outra, quando a sua velocidade angular é dupla, tripla etc., d'essa outra.

NOTA. — Para simplicidade de formulas, adoptaremos de futuro a expressão:

$$y = R \cos (\theta - \zeta) \qquad (29)$$

egual á anterior, fazendo $R = MS$ (semi-amplitude) e $\theta = qt$.

b) *Sobreposição dos pequenos movimentos.* — Como vimos, em virtude do theorema fundamental, cada uma das ondas periodicas provoca um movimento elementar do nivel das aguas.

Admittido, pela theoria, o principio da sobreposição dos pequenos movimentos, quando se considere que o phenomeno das marés não soffreu alteração sensivel nas suas condições de manifestação, a força attractiva de um astro, representada por um sommatorio de termos da forma $GS \cos (qt - \alpha)$, provocará um movimento resultante da sobreposição, e a ordenada Y do nivel das aguas no mesmo instante terá por valor:

$$Y = R_1 \cos (\theta_1 - \zeta_1) + R_2 \cos (\theta_2 - \zeta_2) + R_3 \cos (\theta_3 - \zeta_3) \ldots (30)$$

456. — A theoria da Analyse harmonica nas suas applicações praticas. — A theoria esboçada no n.º anterior está longe de corresponder á realidade dos factos. A observação tem feito reconhecer alterações importantes, algumas theoricamente confirmadas por principios diversos:

I. Os argumentos do potencial desenvolvido não variam, em rigôr, proporcionalmente ao tempo medio; são mais rigorosamente da forma $qt + u$, na qual u não é constante. Ha, pois, duas partes distinctas a considerar: uma de variação proporcional a t e outra que, embora se possa suppôr invariavel no periodo annual das observações, muda de valor de um anno para o outro.

Chamemos V á primeira; o argumento do potencial sendo $V + u$, teremos:

$$V + u - K = qt - \zeta$$

d'onde resulta para $t = o$:

$$K = V_o + u + \zeta$$

A quantidade K, assim determinada, deve ser constante de um anno para o outro e define praticamente a situação ou phase da onda.

II. O coefficiente S, dependendo da posição da orbita do astro attrahente, é variavel, segundo a epocha, tratando se de ondas lunares; podemos, comtudo, considerar constante um certo valor S_a d'esse coefficiente, durante o espaço de um anno. Chamemos S_m ao valor medio de S, e S_a ao seu valor actual; a relação $\frac{S_a}{S_m}$ será um *factor* f pelo qual é necessario multiplicar o coefficiente medio S_m para ter o actual S_a. Chamando H á semi-amplitude de uma onda, correspondente ao valor S_m, será:

$$H = R \times \frac{1}{f}$$

sendo H constante durante um anno.

III. Não podemos considerar, como fizemos no n.º 455, que o phenomeno das marés não soffreu alteração sensivel nas suas condições de manifestação, o que só poderia ser admissivel na propagação da onda de maré em mares profundos.

Quando se queira conhecer a lei de variação do nivel junto ás costas pouco profundas e onde a agua tem habitualmente accésso por canaes de pequena sonda, deixa de ter applicação immediata o principio da sobreposição dos pequenos movimentos. Empregadas, para o caso, as formulas de hydrodynamica, somos levados á consideração de novas ondas elementares: as *ondas de ordem superior*, como resultado de uma maior approximação no valor do movimento y attribuido a uma qualquer das *ondas astronomicas* (1); as *ondas compostas*, como sendo o resultado da combinação de ondas elementares differentes.

Por *onda de ordem superior* devemos entender aquella cujo argumento é duplo, triplo, etc., do argumento de uma onda principal, e cuja semi-amplitude depende do quadrado, cubo etc. da amplitude d'essa onda.

Chama-se *onda composta* aquella cujo argumento é a somma ou differença dos argumentos das ondas principaes, e cuja semi-amplitude depende do producto das semi-amplitudes d'essas ondas.

457. — Classificação das ondas elementares. — Pelo que temos dito se conclue a necessidade de considerar

---

(1) Assim se chamam as ondas consideradas no n.º 426.

as seguintes especies de ondas elementares, para estudo da *Analyse harmonica:*

1.ª—ondas astronomicas	diurnas semi-diurnas a longo periodo	variedades *principaes*: ondas medias lunar e solar semi-diurnas, ondas solar e lunar diurnas etc.

2.ª — Ondas de ordem superior.
3.ª — Ondas compostas.

458. — Valores do coefficiente astronomico, factor, velocidade angular e argumento, de cada uma das ondas mais importantes a considerar. — Ha tabellas especiaes, como as que Hatt apresenta no seu livro sobre marés e ainda as do major Baird [1], que nos permittem obter os seguintes valores:

a) Dos coefficientes astronomicos: — para as ondas lunares, os seus valores medios; para as solares, os constantes (n.º 456, II).

b) Dos factores f (n.º 456, II). Quando a onda é solar, será $f = 1$.

c) Das velocidades angulares: — valor numerico, em gráos, por hora de tempo medio.

d) Dos necessarios elementos para calculo de $V_0 + u$ (n.º 456, I).

NOTA. — Para com facilidade nomear e distinguir as varias ondas elementares, é representada cada uma d'ellas por uma ou mais lettras do alphabeto.

459. — Determinação da semi-amplitude e situação de uma onda elementar. — Para melhor comprehensão

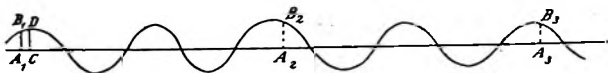



Fig. 215

dos principios que vamos expôr, imaginemos por agora a sinusoide imperfeita da Fig. 215, como sendo a resultante da combinação de duas ondas O_1 e O_2 respectivamente de periodo T_1 e T_2, e velocidades angulares q_1 e q_2.

---

[1] «Des marées» par Hatt — Encyclopédie scientifique des aide — mémoire.
«A Manual for tidal observations» by Major Baird.

Seja A_1B_1 a ordenada na origem dos tempos; essa ordenada é a somma algebrica de duas outras, uma pertencendo á onda O_1 e outra a O_2.

Chamando a_1 e b_1 aos valores respectivos d'essas ordenadas, é:

$$A_1 B_1 = a_1 + b_1$$

No fim do periodo T_1, a ordenada a_1 terá o mesmo valor, e b_1 transformar-se em b_2; será, então:

$$A_2B_2 = a_1 + b_2$$

No fim do tempo $2T_1$, teremos:

$$A_3B_3 = a_1 + b_3$$

e assim successivamente. A ordenada media, consideradas n ordenadas totaes, terá por valor:

$$\frac{\Sigma AB}{n} = a_1 + \frac{b_1 + b_2 + \ldots\ldots b_n}{n}$$

As ordenadas b_1, $b_2 \ldots\ldots b_n$, de differente valor e signal, podem, quando considerado um conveniente numero d'ellas, produzir uma somma nulla [1]; então teremos:

$$\frac{\Sigma AB}{n} = a_1$$

isto é — a ordenada y_1 da onda O_1 na origem tem por valor a média das ordenadas da sinusoide imperfeita, quando considerado um conveniente numero N de periodos ($n + 1$ ordenadas).

Procedendo analogamente com a ordenada CD, corres-

---

[1] No caso apontado, demonstra-se que a media das ordenadas correspondentes á onda O_2 se torna nulla, pela primeira vez, quando fôr:

$$n = \frac{q_1}{q_2 - q_1}$$

pondente a uma abcissa α, teremos a considerar na Fig. 215 as ordenadas relativas ás abcissas:

$$\alpha;\ \alpha+T_1;\ \alpha+2\,T_1;\ \ldots\ldots\ \alpha+NT_1$$

A média dos valores obtidos dará a ordenada y_2 correspondente á abcissa α.

Consideradas, por sua vez, successivas ordenadas ás distancias 2α, 3α etc., da origem, teremos varios valores y_3, y_4 etc., para determinação dos valores R_1 e ζ_1 da eguação.

$$Y=R_1\cos(\theta_1-\zeta_1)$$

correspondente á onda O_1.

— Generalisemos estes principios ao caso das varias ondas do potencial V.

Dada a sinusoide imperfeita da maré, estudemos separadamente o effeito de cada onda elementar. Tomada uma origem, consideremos uma das ondas elementares principaes, de velocidade angular q_1, valor dado, como dissemos, por tabellas especiaes. A essa onda corresponderá o periodo $T_1=\frac{360}{q_1}$. Fazendo $\alpha=\frac{T_1}{24}$, mediremos, por series, as ordenadas relativas ás abcissas abaixo indicadas:

		Abcissas				Medias
serie	o	o;	T_1;	$2\,T_1$..	NT_1	y_1
»	α	α;	$\alpha+T_1$;	$\alpha+2\,T_1$..	$\alpha+NT_1$	y_2
»	2α	2α;	$2\alpha+T_1$;	$2\alpha+2\,T_1$..	$2\alpha+NT_1$	y_3
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	
»	23α	23α;	$23\alpha+T_1$;	$23\alpha+2\,T_1$	$.23\alpha+NT_1$	y_{24}

e assim, tomado um conveniente numero de periodos [1], obteremos 24 valores que seriam os das ordenadas da curva representando os movimentos verticaes do nivel das aguas, devidos á onda elementar considerada, se não houvesse a attender ás harmonicas d'ella. Estas ondas (n.º 455), tendo uma velocidade

---

[1] A Analyse harmonica applicada ás observações durante um anno dá já, em grande numero de casos, resultados bastante satisfactorios.

angular dupla, tripla etc. da onda principal, irão juntar os seus effeitos aos d'esta ultima e, portanto, as ordenadas medidas não são as que exclusivamente traduzem o effeito da onda de periodo T_1. A ordenada y não é pois a da sinusoide:

$$y = R_1 \cos(\theta_1 - \zeta_1)$$

mas sim a de uma curva:

$$y = R_1 \cos(\theta_1 - \zeta_1) + R_2 \cos(2\theta_1 - \zeta_2) + R_3 \cos(3\theta_1 - \zeta_3) \ldots (31)$$

representando um movimento medio.

Para obter a decomposição, recorre-se á expressão da forma:

$$y = A_0 + A_1 \cos\theta_1 + B_1 \operatorname{sen}\theta_1 + A_2 \cos 2\theta_1 + B_2 \operatorname{sen} 2\theta_1 \ldots (32)$$

que, identificaaa com a anterior, dá os valores:

$$\left.\begin{array}{lll} \operatorname{tg}\zeta_1 = \dfrac{B_1}{A_1} & \operatorname{tg}\zeta_2 = \dfrac{B_2}{A_2} & \text{etc.} \\ R_1 = A_1 \sec\zeta_1 = B_1 \operatorname{cosec}\zeta_1 & R_2 = A_2 \sec\zeta_2 = B_2 \operatorname{cosec}\zeta_2 & \text{etc.} \end{array}\right\} 33$$

Vejamos agora como se determinam os valores de H e K (n.º 456).

— Obtidos, como dissemos, os valores $y_1, y_2 \ldots y_{24}$, teremos 24 equações da forma (32), com as quaes calcularemos:

$$A_0;\ A_1 \text{ e } B_1;\ A_2 \text{ e } B_2;\ \text{etc.}$$

Com estes valores, estaremos habilitados, recorrendo ao grupo (33), a calcular:

$$R_1 \text{ e } \zeta_1;\ R_2 \text{ e } \zeta_2;\ R_3 \text{ e } \zeta_3 \text{ etc.}$$

respectivamente correspondentes á onda principal e ás harmonicas d'ella.

Pelos signaes de A_1, B_1, A_2, B_2 etc. concluiremos os quadrantes de ζ_1, ζ_2 etc.

Conhecidos R_1, R_2, R_3 etc. e procurando nas tabellas de

Baird os convenientes valores de f_1, f_2 etc. (n.º 458, b) teremos as semi-amplitudes H_1, H_2 etc. correspondentes (n.º 456 II).

Obtidos os valores convenientes de $V_0 + u$ (n.º 458, d), poderemos pela expressão geral $K = V_0 + u + \zeta$, applicada a cada uma das ondas consideradas, conhecer as situações K_1, K_2 etc. da onda principal e das harmonicas d'ella.

Ficam assim determinadas as constantes de equação d'essas ondas, constituindo uma serie.

Analogamente, tomada uma outra onda principal, obteriamos as semi-amplitudes e situações convenientes, e assim successivamente.

NOTA.—Para certas ondas, como por exemplo, as ondas a longo periodo, ha procedimentos especiaes na determinação das constantes de equação. Afim de não alongar mais o nosso estudo, não entraremos n'esses detalhes, julgando ter, com a exposição feita, dado uma idéia do modo geral por que se consegue obter as constantes de equação de cada uma das curvas elementares.

460. — Previsão das marés irregulares; processo mechanico: tide predicter. — Pelo que atraz expozémos se conclue que, conhecidas as constantes de equação das varias

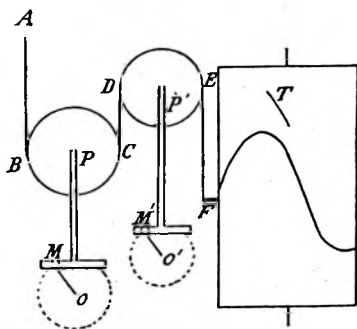



Fig. 216

ondas elementares, poderemos calcular a altura da agua n'um instante qualquer: basta, para isso, fazer a somma algebrica dos valores obtidos, dando a cada argumento o valor que lhe compete n'esse instante. Os varios valores de Y da curva resultante permittirão o traçado d'essa curva e assim obter as

alturas e horas dos preamares e baixamares na localidade. Tal objectivo, empregado o calculo, seria conseguido, como facilmente se comprehende, por uma fórma excessivamente trabalhosa; a questão, porém, simplifica-se extraordinariamente, recorrendo ao processo mechanico de que se serviu William Thomson, processo que praticamente encontrou a devida resolução no instrumento por elle inventado, o *tide predicter*.

Eis, por uma fórma resumida, a descripção d'esse intrumento:

Eixos como O, O'..., Fig. 216, arrastam no seu movimento os botões de manivela M e M', botões que, deslocando-se em fendas horisontaes, obrigam as hastes P e P' a um movimento vertical de subidas e descidas alternadas. A essas hastes P e P' se ligam as roldanas BC e DE. pelas quaes passa, como indica a figura, um fio $ABCDEF$, fixo em A. A' extremidade F do mesmo fio se liga um estylete porta-lapis que, deslisando ao longo da geratriz de um cylindro vertical T dotado de movimento de rotação, traça a curva de ordenada totalisada. E' facil de comprehender esta totalisação.

Tomemos a manivela OM, por exemplo, e chamemos R ao raio OM; obriguemos o botão M a ter um movimento uniforme de velocidade angular q em torno do eixo O. A peça P terá um movimento vertical representado pela equação $y = R \cos(\theta - \zeta)$ analoga á apresentada no n.º 455. Se, pois, collocarmos o botão na conveniente posição inicial, considerada uma certa onda elementar [1], e obrigarmos então a manivela a um movimento uniforme de velocidade angular egual á da onda supposta, os deslocamentos da haste P darão as variações de valor da ordenada y, segundo o valor de t, deslocamentos que se transmittem a F, obtendo aqui uma grandeza dupla. Applicadas as mesmas considerações ás outras manivelas, levando cada uma a dar-nos as ordenadas y de uma certa onda, teremos finalmente totalisados os movimentos elementares, obtendo-se sobre o cylindro o traçado da curva resultante.

O apparelho construido para uso do *India-office* em Londres, considerando vinte ondas differentes, é movido por um systema de relojoaria, cuja velocidade é calculada por fórma que o traçado das marés de um trimestre dura apenas uma hora approximadamente.

461.—Applicação da analyse harmonica a um pequeno numero de observações.— Quando se disponha de um pequeno numero de curvas de marés locaes (elementos

---

(1) E' para esta collocação que se torna necessario conhecer as constantes de equação das ondas elementares.

obtidos durante quinze dias ou um mez de observações), podemos calcular com a aproximação sufficiente, debaixo do ponto de vista pratico, os elementos harmonicos do movimento das aguas devidos ás marés. Os principios expostos nos n.os anteriores, embora tenham a devida applicação a este caso, precisam, comtudo, de ser em parte modificados, havendo ainda a attender á separação das ondas cujas velocidades angulares são pouco differentes, separação que tem de obedecer a novas considerações, por isso que, n'um curto periodo de observações, não é possivel obte-la, applicados os principios geraes.

O processo pratico a seguir não póde ser aqui desenvolvido; teriamos, para isso, de alongar muito as nossas considerações; como, porém, o assumpto seja interessante, recommendamos aos estudiosos os trabalhos de Baird e Darwin [1], que ensinam, sob uma fórma consideravelmente pratica, a applicação da Analyse ao estudo das marés. Os principios expendidos em todo este parágrapho habilitam-nos a entrar facilmente nas questões que alli são tratadas.

462. — A Analyse harmonica na hydrographia portugueza. — O caracter de regularidade das marés nas costas de Portugal e ilhas adjacentes póde dispensar o emprego da Analyse harmonica no estudo do phenomeno, bastando, para os usos da navegação, determinar para cada localidade as caracteristicas proprias, segundo os principios expostos no § 5 d'este capitulo. O mesmo succede, em geral, com as marés das costas da Guiné, Angola e Moçambique.

E' nos dominios portuguezes do extremo oriente que, suppômos, alguma coisa se lucraria em applicar aos desnivelamentos das aguas um estudo mais completo pela Analyse harmonica.

§ 8 — REDUCÇÃO DE SONDAS

463. — Methodos rigorosos. — Traçadas as curvas da maré local (n.º 429), e determinada a graduação G_0 correspondente ao plano do zero hydrographico (n.º 446), o problema de reducção das sondas resume-se no seguinte:

---

[1] «A Manual for tidal observations» by Major A. W. Baird — London, 1886.
Um artigo publicado em 1886 por Darwin no «Manual of scientific inquire» — London.

Trace-se, em cada um d'aquelles graphicos, a recta representativa do plano de referencia; busque-se, para a hora da sonda a reduzir, a porção de ordenada comprehendida entre a curva e a recta traçada; e subtraia-se, por fim, da sonda dada o valor d'aquella distancia medido na escala das ordenadas. Para maior facilidade de determinação d'este ultimo valor, poderemos empregar uma tira de papel millimetrado, convenientemente graduada.

— Para reduzir uma dada sonda executada na zona comprehendida entre dois marémetros estabelecidos e ligados por um nivelamento ([1]), não é rigoroso, em geral, tomar a media das alturas da agua obtidas no devido instante e simultanea

Fig. 217

mente nas duas escalas, nem tão pouco repartir a differença d'essas alturas proporcionalmente ás distancias do logar da sonda a cada um dos marémetros. Um exemplo nos fará comprehender o erro que se commetteria, por vezes, procedendo por qualquer das formas apontadas. Sejam, Fig. 217, *A* e *B*

([1]) Vidé n.º 438.

as duas curvas obtidas, tomando o mesmo eixo OX das abcissas.

Se se deu um preamar na curva A ás 8^h e na B ás 9 h., o preamar da mesma onda, n'uma região egualmente distanciada das duas escalas, deveria, nos casos geraes, ter sido ás 8^h 30^m; portanto, a uma dada sonda executada n'essa occasião na região média, corresponderá a reducção *ad* e não *ac*, isto é, commetter-se-ha um erro, empregando a média entre as alturas da agua nas duas escalas no momento considerado.

As mesmas considerações se applicam nas visinhanças do baixamar; podendo se ainda concluir que, entre esses dois limites extremos, a média das alturas da agua dará reducções tanto mais provaveis quanto mais proximo do momento do nivel médio estiver o instante considerado.

Para obter as alturas que devem ser empregadas na reducção das sondas executadas em regiões intermediarias, começaremos por traçar as curvas A e B, levados os zeros das duas escalas ao mesmo plano horisontal. Se as horas correspondentes dos preamares e dos baixamares são pouco differentes, poder-se-ha adoptar, como alturas de reducção nos pontos intermedios, as obtidas por interpolação, attendidas as distancias ás escalas; se, porém, essas horas são sensivelmente differentes, deveremos traçar curvas intermediarias para tantas zonas quantas as que julgarmos necessarias. O traçado d'essas curvas é assim feito: – Unamos os pontos p e p', b e b', que correspondem aos preamares e baixamares, por linhas rectas, cuja intersecção O pode ser considerada como o polo commum das duas curvas. Por esse ponto O tirem-se varias rectas, como Oeg, que determinarão os pontos homologos e e g.

Se quizermos então traçar a curva intermediaria para as localidades situadas entre as escalas A e B, dividiremos os comprimentos, taes como eg, proporcionalmente ás distancias respectivas d'essas localidades aos marémetros A e B, e faremos por fim passar curvas pelos pontos correspondentes, taes como f, assim obtidos.

Como o ponto O cae habitualmente fóra do papel do desenho, bastará cortar as linhas Opp' e Obb' por duas ordenadas PQ e $P'Q'$ que dividiremos em partes eguaes, juntando por fim os pontos corespondentes, para termos linhas como Oeg.

464.—Methodos aproximados.—Tendo de sondar-se em localidade onde já sejam conhecidos os valores da unidade de altura e do estabelecimento do porto, a reducção das sondas póde ser feita aproximadamente, sem montagem de marémetro, recorrendo a algum dos processos que vamos indicar.

a) *Traçado circular*. Tome-se, em escala conveniente,

uma linha graduada EE', Fig. 218, para representar a escala de marés. Perpendicularmente a essa linha, trace-se a recta ZH, que ficará sendo a linha do zero hydrographico adoptado. A partir de a e sobre EE, tome-se um comprimento aO, medindo, na respectiva escala do traçado, o producto 1.2 U (n.º 446) accrescido de 1 ou 2 decimetros[1]. Com o centro

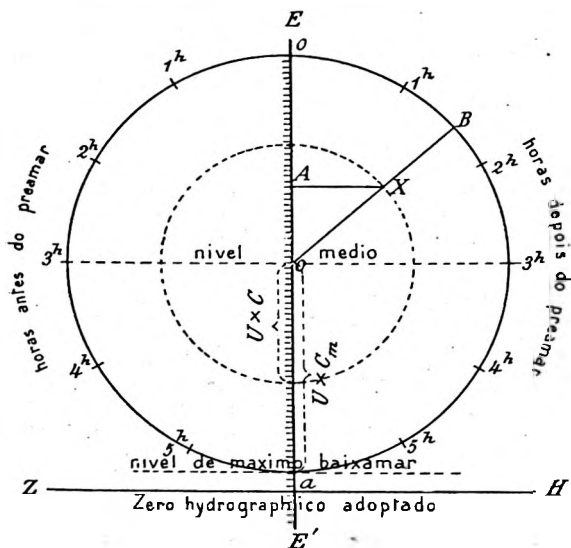



Fig. 218

em O e raios (na devida escala) respectivamente eguaes a 1.2 U e UC (sendo C o valor do coefficiente de maré no dia considerado), tracem-se as circumferencias indicadas na

---

(1) Afim de evitar quaesquer erros que possam, n'este caso, trazer inconvenientes para a navegação, adoptaremos para plano do zero hydrographico, não o obtido á distancia 1.2 U do nivel medio, mas um outro maisbaixo, affastado do primeiro de $0^m.15$ (meio pé) em média.

Fig. 218. Divida-se a circumferencia exterior em 12 partes eguaes, numerando os pontos de divisão, como na mesma figura se indica. Calcule-se, por fim, para o dia considerado, a hora do preamar.

Posto isto, vejamos como se procederá á reducção de uma sonda executada na vazante, por exemplo, ás $1^h\,30^m$ depois do preamar.

Busquemos, na circumferencia exterior, o ponto *B* collocado na posição correspondente á hora dada, e unamos *B* com *O*; do ponto *X* de encontro do raio *BO* com a circumferencia interior, baixemos a perpendicular *XA* sobre *EE'*. A reducção a applicar á sonda será *aA*.

b) *Traçado sinusoidal*. N'este traçado, é a sinusoide *s s' s''*, Fig. 219, que nos dá a reducção pedida.

Conhecido o traçado circular, a simples inspecção da figura

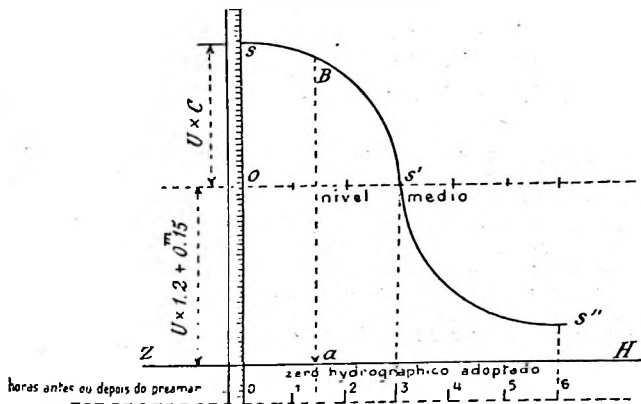



Fig. 219

nos elucida sobre o modo de construir a curva, e aproveitamento das indicações fornecidas.

Para $1^h\,.\,30^m$ depois do preamar, a reducção será *aB*.

NOTA. — Qualquer dos traçados anteriormente descriptos póde, como facilmente se vê, servir ao problema inverso, isto é, saber a hora em que, n'uma paragem baixa, deverá haver agua para uma dada embarcação navegar.

c) *Processo numerico.* Recorrendo ás indicações dadas por Houette ([1]):

Em aguas vivas

na 1.ª hora	antes ou	$\frac{11}{12}$	da amplitude
na 2.ª »	depois do	$\frac{3}{4}$	maxima:
na 3.ª »	preamar;	$\frac{1}{2}$	$2.4\ U$
na 4.ª »	subtrahir	$\frac{1}{4}$	
na 5.ª »	da sonda	$\frac{1}{12}$	

Em aguas mortas

na 1.ª hora	antes ou	$\frac{4}{5}$	da amplitude de uma
na 2.ª »	depois do	$\frac{3}{4}$	maré ordinaria em
na 3.ª »	preamar;	$\frac{1}{2}$	occasião de syzigia
na 4.ª »	subtrahir	$\frac{1}{4}$	
na 5.ª »	da sonda	$\frac{1}{5}$	

465 — Reducção de sondas pela curva de marés locaes, construida segundo as indicações do prumo, feitas as medições a bordo. — Como foi dito no n.º 212, póde-se ter um estudo aproximado das marés, só com os recursos de bordo, estando o mar tranquillo. Basta, para isso, prumar quanto possivel no mesmo sitio, e ás horas convenientes, de modo a podermos ter as indispensaveis indicações do modelo *C* a pag. 182. Com essas indicações, estaremos habilitados a traçar as curvas de marés, e a obter aproximadamente a posição do plano do zero hydrographico. A linha de prumo ou sondareza, tomada uma conveniente origem de contagem das alturas da agua, substituirá a escala de marés; e no calculo dos elementos para estudo das marés locaes, procederemos por forma analoga á indicada no § 5 d'este capitulo.

466 — Possivel determinação do zero hydrographico em marés irregulares. — Como os maiores preamares deixam geralmente no littoral vestigios da linha que os define ([2]), bastará n'estes casos fazer o nivelamento de taes

---

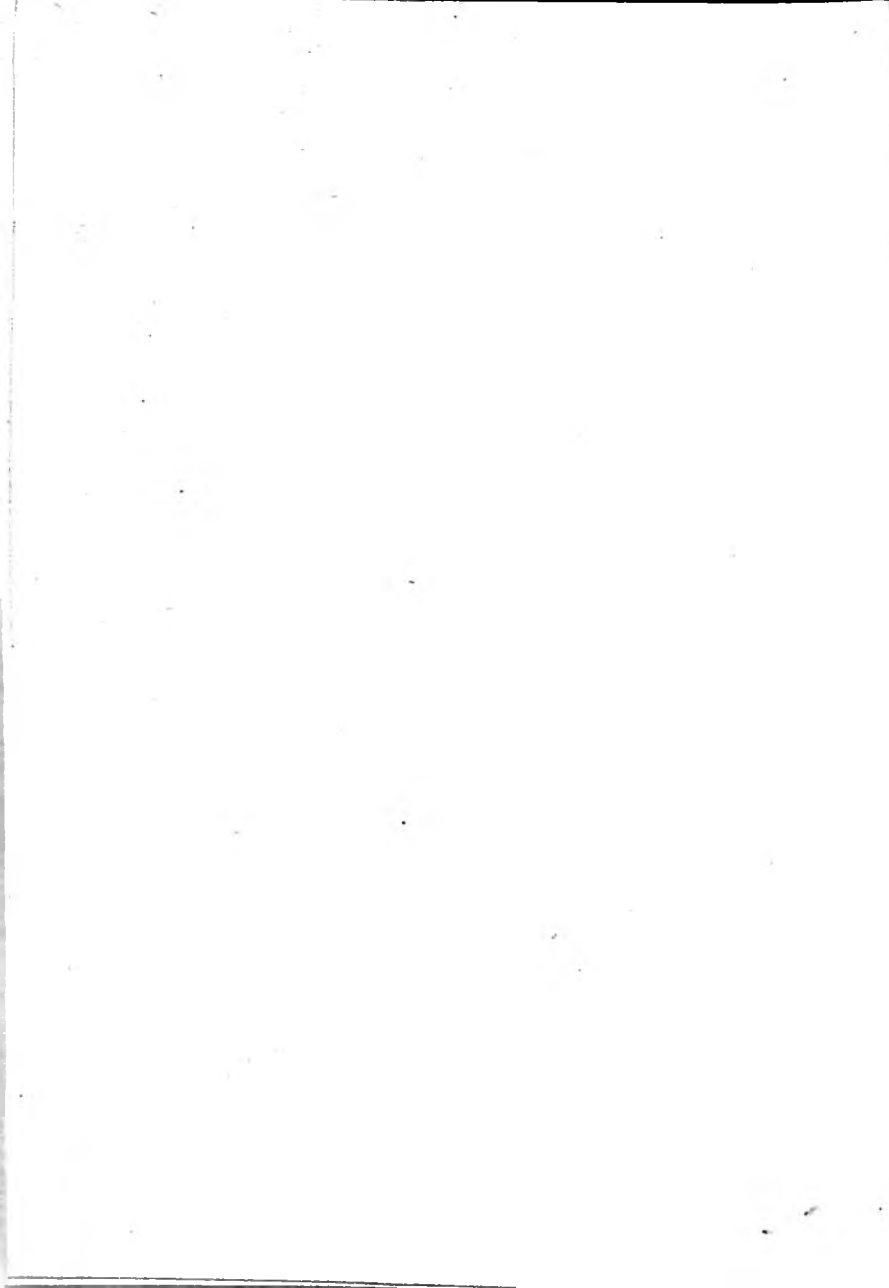
([1]) «Guide pratique de l'officier de marine».
([2]) Vide nota ao n.º 365.

vestigios, buscando, por processos analogos aos indicados no n.º 209, a graduação da escala de marés a que corresponde a superficie de nivel de um dos pontos d'aquella linha; obtida então, pelas indicações do marémetro, a leitura do nivel medio, bastará sommar a essa leitura a differença determinada entre as graduações correspondentes áquella superficie de nivel e á do nivel medio. O resultado obtido será aproximadamente a posição do zero hydrographico na escala de marés.

NOTAS IMPORTANTES.— O estudo de marés feito em todo este capitulo é complementar dos estudos considerados na *Parte 3.ª* do *Livro II*[1].

— O estudo da avaliação de correntes, feito por uma maneira geral nos n.ºs 223 a 225, póde ser applicado ao caso especial de tratarmos de correntes de marés.

---

(1) *Vide* n.º 377.

PARTE SEGUNDA

DETERMINAÇÕES POR PROCESSOS ASTRONOMICOS

Capitulo I — Explicação theorica dos processos

§ 1 — GENERALIDADES

467. – Ordem natural das determinações.— Saber orientar a triangulação e conhecer as coordenadas geographicas de um ponto, pelo menos, do levantamento, tal é o objectivo dos estudos que vamos fazer n'este capitulo.

Começaremos por suppôr conhecidos, pelos processos em uso na navegação, os valores aproximados da latitude do logar e da hora do meridiano das ephemerides ou almanachs que fornecem os elementos dos astros.

Posto isto, se attendermos a que nas determinações astronomicas para calculo da latitude e longitude exactas se torna necessario saber a hora local, dependendo, por outro lado, a determinação do azimuth, do conhecimento d'essa hora e de aquellas coordenadas, concluimos que a ordem natural a seguir será a que adoptamos no desenvolvimento do assumpto, isto é, começaremos por indicar os meios de obter a hora do logar, seguindo-se os estudos dos processos para determinação da latitude, longitude e azimuth.

468.— Instrumentos e astros que mais convêm adoptar nas determinações astronomicas em trabalhos hydrographicos.— Nas determinações rigorosas, quando se disponha de um bom theodolito, poderemos emprega-lo nas observações dos astros, quer haja a medir distancias angulares no plano horisontal ou no vertical (n.º 72); essas observações offerecem, porém, algumas difficuldades, como tivemos occasião de dizer no n.º 73.

Nos trabalhos hydrographicos a que geralmente se dedica o official de marinha, ha sempre a contar com a falta de bons instrumentos, falta que, em verdade, poucos inconvenientes

póde trazer, attendendo a que a navegação não pede os rigôres que ha sempre a exigir em trabalhos de caracter essencialmente geodesico. Nos casos geraes, além do sextante, que é, como sabemos, instrumento de que sempre dispõe o official de bordo, recorre-se aos theodolitos topographicos, os mais faceis de obter e que, pela sua natureza, menos cuidados exigem na installação e transporte.

Esses theodolitos, se bem que possuam as necessarias condições para conseguir, na maioria das applicações, o indispensavel rigôr, são dotados de nonios cuja natureza tem um valor relativamente grande (1); d'ahi o aconselhar-se por vezes a sua substituição pelo sextante (2), quando se trate de obter alturas d'astros para calculos astronomicos, salvo os casos em que haja a operar com alturas excedendo os limites da graduação d'esse instrumento (n.° 72).

Nas determinações dos angulos horisontaes para calculo do azimuth de um astro, como basta uma aproximação de minuto, deveremos preferir o theodolito ainda que muito pequeno.

— Nas observações muito rigorosas, devem-se escolher, como regra geral, as estrellas ou os planetas, excluindo o sol e a lua; esta, pela falta de relativo rigôr das suas coordenadas uranographicas; aquelle, pela influencia prejudicial do seu calor. Nos trabalhos hydrographicos, porém, não sendo realmente exigido um grande rigôr, poderemos aproveitar as observações do sol, por serem as que praticamente se fazem com maior facilidade.

§ 2 — DETERMINAÇÃO DA HORA LOCAL

469. — Considerações prévias. — Suppondo, como dissemos, conhecidos os valores aproximados da latitude do logar e da hora do meridiano das ephemerides ou almanachs, estaremos habilitados, por observações de alturas de astros com o theodolito, ou sextante e horisonte artificial, a determinar a hora local. N'essa determinação poremos de parte os processos que recorrem exclusivamente a alturas absolutas, adoptando o methodo das observações symetricas (n.° 10) para theorica eliminação dos erros systematicos. Supporemos, por fim, bem conhecidos certos principios estudados na aula de astronomia.

---

(1) Vide n.° 55.
(2) N'este instrumento é habitual uma natureza de 10".

470. — Emprego de alturas symetricas de estrellas a E e W do meridiano.

a) Caso de dois astros. — Theoricamente, escolhidas duas estrellas em posição symetrica relativamente ao meridiano e attingindo alturas eguaes, annullaremos os erros systematicos de observação (n.º 10). Na pratica, procurando realisar, quanto possivel, as condições theoricamente exigidas, escolheremos duas estrellas de angulos horarios no polo proximamente eguaes e para lados oppostos do meridiano, satisfazendo á condição de proxima egualdade de alturas [1].

Considerados separadamente os grupos de observações d'esses dois astros, tomaremos, para cada um d'esses grupos, as medias das alturas absolutas e das horas chronometricas correspondentes. Como é conhecido um valor aproximado da latitude do logar, estaremos habilitados a achar as horas sideraes H_s e H'_s correspondentes ás observações de cada uma das estrellas escolhidas. Se fôrem H_c e H'_c as medias das horas do chronometro nos grupos tomados, o estado E_s do chronometro, em tempo sideral e referido a tempo do logar, terá por valor:

$$E_s = \frac{H_s + H'_s}{2} - \frac{H_c + H'_c}{2}$$

correspondendo E_s ao instante medio das observações.

Se quizermos o valor E_m do estado em tempo medio, como se suppõe conhecida a hora do meridiano das ephemerides, calcularemos o valor da ascensão recta do sol medio ($Æ\odot_m$) para essa hora, e então será:

$$E_m = E_s - Æ\odot_m$$

b) Caso de um só astro. Alturas correspondentes. — Por este methodo, já conhecido dos estudos de navegação, apenas se consegue a theorica eliminação dos erros de latitude, dos instrumentaes e do pessoal quanto ao ajustamento das imagens.

---

[1] E' de toda a vantagem observar proximo das circumstancias favoraveis, para que possamos considerar a media das alturas como correspondendo á media das horas do chronometro.

Considerada uma estrella e sendo H_c e H'_c as horas chronometricas correspondentes aos momentos em que o astro attinge alturas eguaes de um e outro lado do meridiano, o estado E_s do chronometro, em tempo sideral, referido a tempo do logar é correspondente ao momento da passagem meridiana da estrella, terá por valor:

$$E_s = Æ * - \frac{H_c + H'_c}{2}$$

obtendo-se E_m como foi dito no caso anterior.

471. — Emprego das alturas symetricas do sol a E e W do meridiano.

a) Alturas correspondentes. — Chamando H_c e H'_c ás horas chronometricas a que foram feitas, em lados oppostos do meridiano, observações de egual altura do mesmo limbo do sol [1], é como se sabe:

$$E_m = ET - \left(\frac{H_c + H'_c}{2} + x\right)$$

sendo ET o valor da equação do tempo no momento da passagem meridiana do sol no logar, e x a chamada *equação de alturas eguaes* [2].

b) Caso particular: methodo dos tres contactos. — Feita a observação com o sextante e horisonte artificial, poderemos, por exemplo, com o sol a E, tomar uma altura do limbo superior do astro (imagem reflectida por baixo da directa, empregando a luneta terrestre), registando a hora chronometrica correspondente, e depois, sem mover a alidade, esperaremos os momentos da sobreposição das imagens e tangencia na posição opposta das mesmas imagens. Registadas essas horas, aguardaremos, ainda sem mover a alidade, as occasiões em que o sol a W attinge alturas eguaes, notando as horas de tangencias e sobre-

---

[1] Quando as observações fôrem feitas com o sextante, attenda-se ao que foi dito no n.º 86, *q*).

[2] Equação da forma:

$$x = A\,V_{48}\operatorname{tg} l + B\,V_{48}\operatorname{tg}\delta$$

Vide explicação da taboa LII da collecção de Norie.

posição das imagens. Com as seis horas escripturadas, estaremos habilitados á determinação do estado do chronometro, recorrendo á formula do caso anterior. O modelo H elucida-nos sobre o modo de proceder.

$$E_m = ET - \left(\frac{H_c + H'_c}{2} + \frac{x_1 + x_2}{2} \right)$$

Modelo H

Tangencias e sobreposição	Horas chronometricas		½ sommas das horas de sobreposição	Intervallos das horas de tangencia	Valores de x
	a. m.	p. m.			
limbo	....	....		....	x_1
centro	....	....	$\frac{H_c + H'_c}{2}$		
limbo	....	....		....	x_2
				media=	$\frac{x_1 + x_2}{2}$

472 — **Determinação da hora local.** — Da comparação dos estados determinados por um mesmo processo e observador, resulta, como sabemos, o conhecimento das marchas diarias. E' este assumpto tratado com bastante desenvolvimento nos estudos de navegação, para que alguma coisa aqui juntemos. Conhecida a marcha chronometrica e o estado para um certo instante, estaremos sempre habilitados a calcular a correcção a applicar ás horas do chronometro para ter, n'um dado momento, a hora do logar.

§ 3 — DETERMINAÇÃO DA LATITUDE

473 — **Observações meridianas. Methodo de Talcott.** — Seguindo a mesma orientação do § anterior, trataremos apenas das observações symetricas para theorica eliminação dos erros systematicos (n.º 10). Na pratica, procurando realisar, quanto possivel, as condições theoricamente exigidas,

escolheremos duas estrellas que com pequeno intervallo de tempo culminem, uma ao norte e outra ao sul, satisfazendo á condição de proxima egualdade de alturas.

Chamando δ á declinação da estrella e sendo ζ, r, i, e, respectivamente a distancia zenithal observada e os erros de refracção, instrumental e pessoal, a latitude φ, obtida por observações symetricas como as apontadas, terá por valor:

$$\varphi = \frac{\delta_n + \delta_s}{2} + \frac{\zeta_s - \zeta_n}{2} + \frac{r_s - r_n}{2} + \frac{i_s - i_n}{2} + \frac{e_s - e_n}{2} \dots$$

dando as letras $\left\{\begin{matrix} n \\ \text{ou} \\ s \end{matrix}\right.$ a designação da estrella que culmina ao $\left\{\begin{matrix} \text{norte} \\ \text{ou} \\ \text{sul} \end{matrix}\right.$.

Se as observações fôrem executadas por um mesmo observador, empregando um mesmo instrumento, sendo proximamente eguaes as alturas e pequeno o intervallo de tempo entre as culminações (para que se possa suppôr $r_s = r_n$), teremos:

$$\varphi = \frac{\delta_n + \delta_s}{2} + \frac{\zeta_s - \zeta_n}{2}$$

NOTAS. — Os instrumentos zenithaes, medindo micrometricamente a differença $\zeta_s - \zeta_n$, são os mais proprios para o emprego do methodo descripto, methodo que recebe o nome do seu auctor: o capitão Talcott.

— Empregando o sextante não podem as alturas ser muito grandes.

— Póde ser conveniente a verificação do calculo, determinando separadamente a latitude por cada distancia zenithal verdadeira obtida; a media dos resultados dará a latitude desejada.

— E' ainda para notar que uma boa determinação da latitude não póde provir só da observação de um unico par de estrellas.

474 — Observações circummeridianas. Methodos de Delambre e Gauss. — Com as observações meridianas, havendo a considerar uma só altura do astro, não attenuaremos os erros de caracter accidental (n.º 3). Para evitar este inconveniente, lembrou Delambre observar um mesmo astro de um lado e outro do meridiano, calculando, com os elementos obtidos, a correcção a applicar a cada distancia zeni-

thal ou altura, para ter o elemento no momento da passagem meridiana.

Chamando a_o, l, δ e P respectivamente á altura circummeridiana observada correcta, latitude aproximada, declinação e angulo horario no polo, a altura meridiana a_m é dada pela seguinte expressão:

$$a_m = a_o + \frac{\cos l \cos \delta}{\cos a_m} \cdot \frac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} P}{\operatorname{sen} 1''}$$
$$- \left(\frac{\cos l \cos \delta}{\cos a_m} \right)^2 \cdot \frac{2\, tg\, a_m \operatorname{sen}^4 \frac{1}{2} P}{\operatorname{sen} 1''} + \cdots$$

desprezando a sexta e seguintes potencias do sen $\frac{1}{2} P$.

Se n'essa expressão fizermos:

$$\left.\begin{array}{ll} \dfrac{\cos l \cos \delta}{\cos a_m} = A & A^2\, tg\, a_m = B \\ \dfrac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} P}{\operatorname{sen} 1''} = m & \dfrac{2 \operatorname{sen}^4 \frac{1}{2} P}{\operatorname{sen} 1''} = n \end{array}\right\} \quad (34)$$

teremos a expressão simplificada:

$$a_m = a_o + (m\, A - n\, B)$$

Considerada a distancia zenithal ζ_m meridiana, seria:

$$\zeta_m = \zeta_o - (m\, A - n\, B)$$

O valor $(m\,A - n\,B)$ é o que se chama a *correcção de Delambre* (1). Representa-la-hemos por x. Vejamos como se obtem essa correcção.

a) *O astro observado é uma estrella.* Busquemos a declinação δ para o dia, e calculemos pelos processos conhecidos a

---

(1) Se houver a considerar a passagem do astro pelo meridiano inferior, a correcção passa a ser $-(m\,A + n\,B)$, sendo P contado a partir d'esse meridiano.

hora da passagem da estrella pelo meridiano. Tomemos varias alturas circummeridianas do astro, quanto possivel dez minutos antes até dez minutos depois da culminação, e sejam $a_1, a_2 \ldots a_N$ as alturas observadas correctas, será:

$$a_m = \frac{a_1 + a_2 + \ldots a_N}{N} + \frac{x_1 + x_2 + \ldots x_N}{N}$$

e como nos valores $x_1, x_2 \ldots\ldots x_N$ são communs os factores A e B, teremos:

$$a_m = \frac{\Sigma\, a_o}{N} + \left(\frac{\Sigma\, m}{N} A - \frac{\Sigma\, n}{N} B\right)$$

ou analogamente, tratando-se de distancias zenithaes:

$$\zeta\, m = \frac{\Sigma\, \zeta_o}{N} - \left(\frac{\Sigma\, m}{N} A - \frac{\Sigma\, n}{N} B\right)$$

Ha taboas especiaes, como as que Germain apresenta no seu «Traité d'Hydrographie», que dão os valores de m e n, entrando com argumentos que se obtêem fazendo a differença entre a hora chronometrica da passagem meridiana do astro e cada uma das horas indicadas pelo chronometro nos momentos de observação.

Attenda-se, porém, a que aquella differença não representa em geral o angulo no polo. Para attender a esta consideração, basta introduzir, exclusivamente no valor de A, um novo coefficiente K, isto é, fazer:

$$A = K \frac{\cos l \cos \delta}{\cos a_m}$$

continuando B a ter o valor atraz indicado (grupo 34), attendida a nova expressão de A.

— Conhecidos m e n como dissemos, restará calcular A e B, tomando para a_m a maior altura observada correcta e para l o valor obtido pelo processo vulgar, considerada aquella maior altura como meridiana. Attendendo ao coefficiente K e

suppondo o caso mais geral de um chronometro de tempo médio e marcha diaria b em 24^h medias, é, no caso de observarmos uma estrella:

$$K = 1 + 0.00002315\,(235.91 - b)$$

sendo b expresso em segundos e $\left\{\begin{matrix}+\\ \text{ou}\\ -\end{matrix}\right.$ segundo o chronometro se $\left\{\begin{matrix}\text{adeanta}\\ \text{ou}\\ \text{atraza}\end{matrix}\right.$

NOTAS.—Quando se obtenha um grande valor para a correcção x, repetiremos o calculo, aproveitando o valor a_m ou ζ_m determinado, e consequente valor de l.

—Apresentamos no Appendice as taboas *XI* e *XII* que nos dão respectivamente: o limite do angulo horario P para o qual o valor de n é inferior a $1''$; o limite do mesmo angulo para o qual as formulas apresentadas deixam de ter applicação.

Pela primeira d'essas taboas, estamos habilitados a saber quando se poderá desprezar o termo $n\,B$ da correcção, de forma a não obter erros superiores aos das observações feitas. A taboa *XII* mostra-nos que o methodo descripto não é applicavel a astros de culminação proxima do zenith.

b) *Caso particular de ser observado o sol.* Se bem que este astro não deva ser escolhido para taes determinações, prevenimos comtudo a hypothese de poder ser empregado como recurso unico em alguns casos.

A declinação δ, que entra nas formulas apresentadas no caso anterior, é a correspondente ao momento de observação. Teriamos pois, considerado o sol, de tomar para cada observação o conveniente valor de $\delta_\odot$, o que traria excessivo trabalho para os calculos. Afim de evitar essa complicação, propoz Gauss um methodo pelo qual só ha a considerar a declinação no momento da passagem meridiana, trazendo esta alteração a necessidade de tomar como origem de contagem de P, não o momento d'aquella passagem, mas o da culminação. Para obter este ultimo, se chamarmos H_m á hora do chronometro, a que o sol passa no meridiano, o mesmo chronometro marcará, no momento da culminação, uma hora H_c dada pela expressão:

$$H_c = H_m + \alpha$$

sendo:

$$\alpha = \frac{1}{810000 \text{ sen } 1''} \frac{\Delta\,\delta}{A}$$

na qual é: $\log \frac{1}{810000 \text{ sen } 1''} = 9.40594$; $\Delta\delta$ a variação horaria de declinação (¹) e A o valor considerado no caso anterior.

Feitos então os calculos como se indicou em a), teremos um valor a_m ou ζ_m que, combinado com o de $\delta_\odot$ que se tomou, nos dará uma latitude, á qual por fim applicaremos uma correcção da forma:

$$y = A \frac{2 \text{ sen}^2 \frac{1}{2} x}{\text{sen } 1''}$$

correcção em geral pequenissima em relação aos erros das observações absolutas com o sextante.

NOTA. — O valor K, observado o sol, e suppondo como no caso a) que se trata de um chronometro de tempo medio e de marcha b, é agora representado pela expressão:

$$K = 1 - 0.00002315\,(b + dET)$$

sendo dET a variação da equação de tempo em 24^h verdadeiras e $\left\{\begin{matrix} + \\ \text{ou} \\ - \end{matrix}\right.$ segundo o tempo medio se $\left\{\begin{matrix} \text{adeanta} \\ \text{ou} \\ \text{atraza} \end{matrix}\right.$ sobre o tempo verdadeiro.

475. — Observações de estrellas n'um mesmo almicantarat. Methodo recommendado pelo conde de Cañete del Pinar. (²) — Tem este methodo, como o da determinação da hora local pelos tres contactos (n.º 471), a vantagem de eliminação dos erros systematicos mais a temer nas observações com o sextante. Escolhidas duas estrellas nas seguintes condições: 1.ª) de grandezas não inferiores a 3; 2.ª) de ascensões rectas que não diffiram muito entre si e estejam comprehendidas nas horas sideraes que se dedicam ás observações; 3.ª) de declinações cuja somma se aproxime do dobro da latitude; 4.ª) de alturas na culminação não inferiores a 30°, nem

(¹) Positiva quando o sol se dirige para o norte e negativa no caso contrario.

(²) «Observaciones de precision con el sextante». — Anales hydrograficos — Janeiro de 1896.

superiores a 70° [1] — as operações a executar, para applicação dos methodos expostos, resumem-se no registo das horas chronometricas em que ambas as estrellas, a E e a W do meridiano, attingem uma mesma altura fixada no sextante.

Chamemos:

a — á altura verdadeira commum a todas as observações de um grupo.

φ — á latitude a determinar { positiva ou negativa } segundo é { N ou S }

δ e δ' — ás declinações das estrellas » » »

h e h' — aos angulos horarios das estrellas.

u — á hora indicada pelo chronometro no momento da primeira observação.

u', u'', u''' — ás horas dos chronometros nos momentos das observações seguintes, horas correctas do movimento relativo ao tempo sideral para o intervallo decorrido desde a primeira observação.

Considerado o caso mais geral de um chronometro regulado pelo tempo medio e de marcha m em 24^h medias, o movimento M relativo ao tempo sideral, durante 1^h do chronometro, é dado pela expressão:

$$M = \frac{236^s.555 + m}{86400^s - m} 3600$$

na qual M e m são expressos em segundos de tempo. Se, pois, chamarmos H_c, H'_c, H''_c e H'''_c ás horas chronometricas que nos servirão respectivamente para calculo das horas u, u', u'', e u''', será:

$$u = H_c\,;\; u' = H'_c + M\,(H'_c - H_c)$$
$$u'' = H''_c + M\,(H''_c - H_c)\,;\; u''' = H'''_c + M\,(H'''_c - H_c)$$

e suppondo u e u''' as horas correspondentes ás observações de uma mesma estrella, teremos:

$$u''' - u = (H'''_c - H_c) + M(H'''_c - H_c)$$
$$u'' - u' = (H''_c - H'_c) + M(H''_c - H'_c) \ldots \ldots (35)$$

[1] Convem que as alturas sejam grandes para attenuar os effeitos da mudança de condições atmosphericas. Com os sextantes vulgares o limite maximo é como se sabe 70.°

Consideremos duas estrellas satisfazendo as condições já enunciadas. Com o valor aproximado da latitude do logar, calculemos as duas alturas de culminação e fixemos no sextante o dobro de uma altura um pouco inferior á menor d'aquellas duas.

Recorrendo a processos conhecidos, calcularemos com mediana aproximação a hora a que se deve observar a passagem das estrellas pelo almicantarat escolhido. Proximo d'essa hora, começaremos as observações, registando as horas chronometricas necessarias. Com taes elementos, e conhecida a marcha m, estaremos habilitados a determinar as differenças $u''' - u$ e $u'' - u'$ pelas expressões (35).

As metades d'essas differenças serão os valores h e h' dos horarios occidentaes.

A latitude φ será então obtida resolvendo qualquer dos grupos:

$$\left.\begin{array}{r} \cos\delta' \cos h' = f \\ \cos\delta \cos h = g \\ \frac{1}{2}(f-g) \sec\frac{1}{2}(\delta+\delta') \operatorname{cosec}\frac{1}{2}(\delta-\delta') = \operatorname{tg}\varphi \end{array}\right\} \quad (36)$$

$$\left.\begin{array}{r} \operatorname{sen}\frac{1}{2}(h'-h) \operatorname{cotg}\frac{1}{2}(\delta-\delta') = D \operatorname{sen} B \\ \cos\frac{1}{2}(h'-h) \operatorname{tg}\frac{1}{2}(\delta+\delta') = D \cos B \\ B + \frac{1}{2}(h'-h) = C \\ D \cos(h+C) = \operatorname{tg}\varphi \end{array}\right\} \quad (37)$$

NOTAS. — f, g, B, C e D são valores auxiliares. D considera-se sempre positivo.

— A altura a pode ser obtida resolvendo as equações:

$$\left.\begin{array}{r} \cot\varphi \cos h = \operatorname{tg} F \\ \operatorname{sen}\varphi \operatorname{sen}(\delta+F) \sec F = \operatorname{sen} a \end{array}\right\} \quad (38)$$

§ 4 — DETERMINAÇÃO DE DIFFERENÇAS DE LONGITUDES

476. — Considerações prévias. — Não iremos n'este § insistir nos processos conhecidos de determinação de longitudes estudados na aula de astronomia e navegação. Esses pro-

cessos, exigindo, em geral, o conhecimento da hora do primeiro meridiano, hora que nem sempre pode ser determinada com a necessaria aproximação, não são os mais recommendados em trabalhos de maior rigôr.

Tomar um meridiano secundario e determinar a differença de horas locaes entre esse meridiano e aquelle cuja posição queremos conhecer, tal é a melhor orientação a seguir, porque assim, conhecida a differença de longitudes, estaremos habilitados a determinar a longitude do ultimo meridiano, quando, com todo o rigôr, se venha a calcular a longitude do meridiano secundario escolhido.

Seguindo este criterio, faremos nos n.os seguintes um resumo dos processos mais conhecidos.

477.—Differença de longitudes, empregando signaes luminosos.— Supponhamos que se pretende a differença de horas entre os pontos M e M', dos quaes M é o mais oriental,

a) Entre os pontos M e M' ha um ponto intermediario I visivel dos pontos extremos. Collocado um observador, munido de chronometro, em cada uma das posições M e M', e conhecidos os estados E e E' d'esses chronometros, referidos a tempo do logar respectivo; se em I fizermos um signal luminoso, registando nos pontos extremos as horas H_e e H'_e dos chonometros, será:

$$dL = (H_e + E) - (H'_e + E')$$

a differença de longitudes desejada.

Para eliminação dos erros pessoaes dos observadores, convirá repetir a operação, trocadas as respectivas posições.

b) Entre os pontos M e M' não ha ponto intermediario visi-

Fig. 220

vel dos dois extremos. N'este caso, tomaremos pontos como A e B, Fig. 220, de modo que existam pontos intermediarios I, I' e I'' visiveis respectivamente das estações M e A, A e B,... B e M'. Existindo chronometros em M e M', e bons relogios em A e B, estaremos habilitados a determinar dL.

Feito o signal luminoso em I, registaremos a hora H_c do chronometro e a h_A do relogio em A. No momento em que o o signal é feito em I', registaremos as horas h'_A e h_B dos relogios em A e B. Para o signal em I'', escripturaremos as horas h'_B e H'_c. Se as operações fôrem seguidamente feitas, teremos, chamando ainda E e E' aos estados dos chronometros, referidos as horas de registo:

$$dL = (H_c + E) + (h_A - h'_A) + (h_B - h'_B) - (H'_c + E')$$

ou, em geral:

$$dL = (H_c + E) - (H'_c + E) + \Sigma(h_r - h'_r)$$

representando h_r uma hora de relogio.

NOTAS. — A formula anterior foi deduzida na hypothese de as operações terem sido seguidamente feitas e muito pequenas as marchas, considerando-se tambem que os chronometros e relogios eram regulados pela mesma especie de tempo. Nos casos em que taes hypotheses sejam no todo ou em parte prejudicadas, estamos sem duvida habilitados, pelos conhecimentos já adquiridos, a introduzir no calculo as necessarias modificações.

— Para eliminação dos erros de observação, convirá repetir as operações.

478. — Differença de longitudes pelo telégrapho electrico. — Em relação ás distancias terrestres, póde-se dizer que theoricamente a transmissão do signal electrico se faz instantaneamente; mas na pratica ha retardamentos importantes e por esta razão se devem fazer signaes de ambos os pontos e notar as horas correspondentes.

Consideremos duas estações M e M', das quaes M é a mais oriental. Designemos por T e T' as horas medias ou sideraes em M e M', de transmissão e recepção de um signal feito em M. Se fôr x a duração da transmissão, será:

$$dL_1 = T - T' + x$$

Chamemos agora T'' e T''' ás horas medias ou sideraes em M'

e M, de transmissão e recepção de um signal feito em M'. Teremos:

$$dL_2 = T'' - T' - x$$

e portanto a média dL terá por valor:

$$dL = \frac{(T - T') + (T''' - T')}{2}$$

Praticamente, o problema é mais complicado do que á primeira vista parece, dependendo o grau de exactidão sobretudo da maneira como os signaes são transmittidos e recebidos. As mais rigorosas determinações telegraphicas são motivo para grandes cuidados e delicadas considerações sobre os apparelhos electricos.

479.—Differença de longitudes por transporte de tempo.— E' este o processo de mais commum applicação nos trabalhos hydrographicos a que habitualmente se dedica o official de marinha.

Consideremos o caso mais geral de se pretender a differença de longitudes entre dois pontos M e M', sendo o meridiano de M escolhido como meridiano secundario.

Começaremos por determinar em M o estado E_M do chronometro, referido a tempo local e relativo ao momento T.

Seguindo então para M', determinaremos, logo depois da chegada, o estado $E_{M'}$ referido a tempo local e relativo ao momento $T + t$. Se chamarmos m á marcha desconhecida, durante o trajecto, será:

$$dL = E_M + tm - E_{M'}$$

Repetindo as operações no regresso, um pouco antes de largar de novo para M, determinaremos um estado $E'_{M'}$ relativo ao momento $T + t + t'$, e ao chegar a M um outro estado E'_M relativo a $T + t + t' + t''$. Teremos então:

$$dL = E'_M - mt'' - E'_{M'}$$

Comparando as duas ultimas egualdades, teremos:

$$m = \frac{(E'_M - E_M) - (E'_{M'} - E_{M'})}{t + t''}$$

valor que substituido em qualquer das expressões de dL dá a differença de longitudes pedida.

NOTAS. — Se dispozermos de muitos chronometros, obteremos outros tantos valores de dL, cuja média nos servirá.

— Suppozemos um mesmo valor m da marcha, durante as duas travessias de ida e regresso. Querendo um maior rigôr, e suppondo convenientemente cuidada a regulação dos chronometros de bordo, poderemos determinar os valores mais provaveis da marcha chronometrica no mar e obter, na maioria dos casos, um valor mais exacto de dL.

§ 5 — DETERMINAÇÃO DO AZIMUTH

480 — Considerações prévias. — Como já tivemos occasião de dizer no n.º 468, tratando-se de determinações de azimuths, qualquer theodolito topographico pode prestar bons serviços e, nos trabalhos de um certo rigôr, deve aquelle instrumento substituir o sextante nas medições azimuthaes.

Nos n.ºs 72 e 323 expozémos o problema habitual e démos as necessarias indicações sobre o modo de observar. Só nos resta, pois, a respeito do assumpto, lembrar alguns conhecimentos adquiridos em estudos anteriores e juntar algumas novas considerações indispensaveis.

481 — Methodos rigorosos de determinação. — Attendidas as circumstancias favoraveis [1], poderemos proceder por qualquer dos methodos seguintes:

1.º) *Empregando alturas eguaes de um astro.*

a) *O astro é uma estrella.* N'este caso, querendo o azimuth verdadeiro de uma direcção AB no terreno, estacionaremos o theodolito em A e assignalaremos o ponto B com uma luz. Determinadas: a media das direcções azimuthaes para o astro nas suas duas posições symetricas relativamente ao meridiano, e a direcção azimuthal para o ponto B [2], estaremos habilitados a conhecer o angulo que a linha AB faz com a linha N-S, d'onde concluimos o azimuth geodesico Z_{AB}.

b) *O astro é o sol.* Procederemos analogamente, conside-

---

[1] Pequena altura, angulos horario e de posição rectos.

[2] Convem sempre empregar os dois giros oppostos, principalmente se a luneta fôr excentrica.

rado o mesmo limbo, superior ou inferior, nas observações a E e a W, tendo porém de attender á variação da declinação no intervallo I das observações. Obtida a media das direcções, applicar-lhe-hemos uma correcção [1]:

$$C = \pm \frac{\Delta \delta}{1 \cos \varphi \operatorname{sen} \frac{1}{2} I}$$

na qual $\Delta\delta$ representa a variação da declinação no intervallo I, e φ a latitude.

NOTA — O methodo descripto, parecendo ser de uma extrema facilidade, offerece comtudo grandes difficuldades praticas, já pelo grande intervallo entre as observações, já porque uma mudança no estado atmospherico póde produzir grandes erros nos resultados. Por estas razões, é mais recommendado o processo seguinte:

2.º) *Pelo conhecimento da hora local.*

a) O astro é uma estrella. Procedendo como se disse no n.º 72, por cada um dos grupos obteremos um valor do azimuth da estrella, resolvendo as equações conhecidas dos estudos de astronomia:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \Delta \cos P$$

$$\operatorname{tg} Z = \frac{\operatorname{sen} \alpha \operatorname{tg} P}{\operatorname{sen} (\lambda - \alpha)}$$

nas quaes Δ e P representam a distancia polar e o angulo horario no polo [2], λ a colatitude do logar, α um angulo auxiliar, e Z o azimuth do astro, contado a partir do norte para léste.

Chega-se ao mesmo resultado, resolvendo as equações:

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (Z + \psi) = \operatorname{cotg} \frac{1}{2} P \frac{\cos \frac{1}{2} (\Delta - \lambda)}{\cos \frac{1}{2} (\Delta + \lambda)}$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (Z - \psi) = \operatorname{cotg} \frac{1}{2} P \frac{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (\Delta - \lambda)}{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (\Delta + \lambda)}$$

$$Z = \frac{1}{2} (Z + \psi) + \frac{1}{2} (Z - \psi)$$

---

[1] Tomar-se-ha o signal + quando a graduação correr no sentido dos ponteiros de um relogio, e — no caso contrario.

[2] Conhecida a hora local e a longitude, facil é, como sabemos, obter ulo horario P de um astro.

Conhecido o azimuth do astro, bastará augmenta-lo ou diminui-lo da differença das leituras azimuthaes do astro e do ponto B, para ter o angulo da linha AB com a N-S; d'esse valor concluimos o azimuth geodesico Z_{AB}.

b) O astro é o sol. Procederemos como se disse no n.° 72, e recorrendo ás formulas apresentadas no caso anterior determinaremos, para cada grupo, o azimuth do limbo observado. Para ter o azimuth do centro, applicaremos convenientemente ([1]) ao valor obtido uma correcção:

$$s' = \frac{s}{\text{sen } \zeta}$$

sendo s o semi-diametro e ζ a distancia zenithal do sol no momento da observação. Essa distancia zenithal pode ser dada pelas equações:

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } \Delta \cos P$$
$$\text{tg } \zeta = \frac{\text{tg } (\lambda - \alpha)}{\cos Z}$$

Quanto ao calculo de Z_{AB}, proceder-se-ha como foi dito no caso *a*) anterior.

NOTA. — Quando se não tenha uma hora exacta para se obter o horario P, teremos de observar não só a direcção azimuthal correspondente ao astro, como tambem a sua altura ([2]).

O azimuth Z ser-nos-ha então dado, resolvendo as equações conhecidas da astronomia:

$$2\, S = \zeta + \Delta + \lambda$$
$$\text{tg} \frac{1}{2} Z = \sqrt{\frac{\text{sen } (S - \lambda) \text{ sen } (S - \zeta)}{\text{sen } S \text{ sen } (S - \Delta)}}$$

482. — Azimuth de um ponto terrestre ou balisa determinado no mar. — N'este caso, só o sextante póde prestar serviço. Imaginemos que do logar de observação se queria saber o azimuth verdadeiro de um signal S affastado. ([3])

([1]) O registo, modelo *A* (pag. 70) modificado, deve, como dissemos, indicar qual o limbo observado.

([2]) Vide n.° 72, 2.°.

([3]) Este problema foi considerado nos assumptos tratados na *Parte quarta* do *Livro II*.

Recorrendo ás observações astronomicas, teremos de determinar o angulo azimuthal entre as direcções para o signal e astro escolhido. Com o conhecimento d'esse angulo e o do azimuth verdadeiro do astro (obtido por qualquer das formulas atraz apresentadas) estaremos habilitados a resolver o problema.

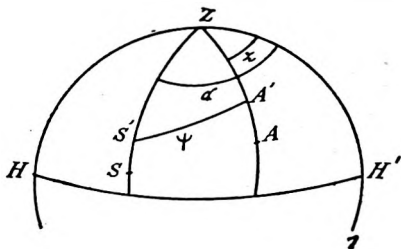



Fig. 221

Vejamos como obter aquelle angulo. Sejam, Fig. 221, S o signal e A o astro; S' e A' as respectivas posições apparentes, e ψ o angulo medido no sextante.

Chamemos:

$\zeta_{A'}$ e $\zeta_{S'}$ — ás distancias zenithaes apparentes do astro e signal.
ζ_A — á distancia zenithal verdadeira do centro do astro.

O angulo pedido $\alpha - Z$ é dado pelas equações:

$$2\,K = \zeta_{A'} + \zeta_{S'} + \psi$$

$$\text{tg}\,\frac{1}{2}(\alpha - Z) = \pm\sqrt{\frac{\text{sen}\,(K - \zeta_{A'})\,\text{sen}\,(K - \zeta_{S'})}{\text{sen}\,K\,\text{sen}\,(K - \psi)}}$$

Para diminuir a influencia dos erros de observação, convêm que o arco $A'S'$ seja pouco inclinado sobre o horisonte, e que o valor de ψ se não afaste muito de 90.°

Se o signal está no horisonte, é:

$$\cos\,(\alpha - Z) = \cos\,\psi\,\text{cosec}\,\zeta_A$$

o que mostra que $(\alpha - Z)$ e ψ são rectos ao mesmo tempo.

NOTAS. — Conhecido o angulo $\alpha - Z$ e o azimuth Z do astro, estaremos habilitados a calcular o azimuth α do signal.

— Na pratica convirá empregar tres observadores: um, tomando a distancia angular ψ e os dois restantes, as alturas do astro e signal.

— Nas observações de distancias angulares do sol a um signal, dever-se-ha levar este ao contacto com cada um dos limbos do astro, e tomar a media dos resultados obtidos.

483 — Determinação da declinação magnetica. — As determinações rigorosas da declinação, força horisontal do magnetismo terrestre e inclinação, são, como sabemos, feitas empregando os *magnetómetros* e *inclinómetros*, instrumentos que exigem installações especiaes e que não teem, por isso, applicação nos trabalhos topographicos a que o official de marinha se póde entregar nos levantamentos que executa.

A declinação magnetica local póde ser facilmente determinada, e com a necessaria aproximação, recorrendo ás bussolas topographicas (n.º 95) ou a theodolitos especiaes, como o de Troughton, munidos de agulha magnetica. Conhecido o azimuth verdadeiro Z_{AB} de uma direcção AB no terreno, e estacionada a bussola ou theodolito em A, determinaremos o azimuth magnetico da mesma direcção.

A comparação dos dois azimuths dará a declinação pedida, se não houver causas locaes de desvio [1].

A repetição das observações no ponto B levará ao conhecimento de um valor mais aproximado da declinação.

484 — Methodos de orientação. Determinação do meridiano nos trabalhos expeditos. — O conhecimento da *orientação* tanto é indispensavel ao homem em pleno campo precisando unicamente dirigir-se, como áquelle que procede a um levantamento topographico no qual é indispensavel, como vimos, ficar indicada a direcção do meridiano.

Além dos processos rigorosos que estudamos no n.º 481, ha outros, mais ou menos aproximados, que podem ser applicados, por vezes, em certos trabalhos expeditos. Citaremos alguns d'esses processos:

a) Empregando uma bussola ou declinatoria: n.os 95, 96 e 97.
b) » o gnomon: n.º 210.

---

[1] Vulgares em terrenos onde abunde o ferro, etc. O reconhecimento da existencia de taes causas póde ser feito recorrendo a azimuths reciprocos, cuidadosamente observados com a agulha.

Afim de, quanto possivel, evitar os erros resultantes da variação diurna da declinação magnetica, é conveniente observar nos momentos em que aquella é mais lenta. No verão, em Portugal, devem as observações ser feitas das 6^h ás 9^h (a. m.) e do meio dia ás 3^h (p. m.).

c) Pela lua, nas suas tres phases visiveis. Em occasião de qualquer d'essas phases, como são conhecidas aproximada-

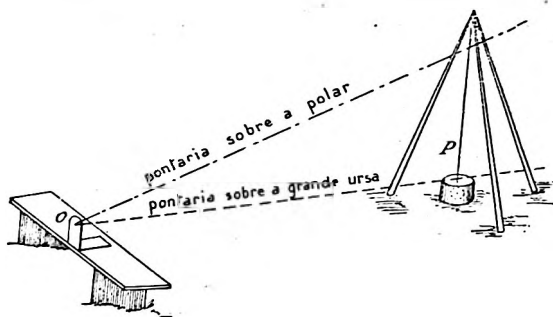



Fig. 222

mente as horas de passagem no meridiano e as do nascimento

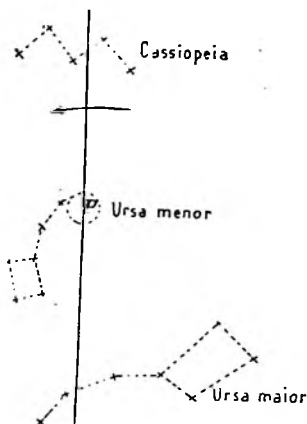



Fig. 223

e occáso, poderemos obter a direcção de algum dos pontos cardeaes e até mesmo dos quadrantaes.

d) Pela polar. Suspenso um fio de prumo *P*, Fig. 222,

tendo o peso mergulhado n'um vaso com agua, se de um ponto *O*, a uma distancia conveniente, procurarmos o momento em que aquelle fio se projecta sobre as constellações da Ursa Maior e Cassiopeia, como indica a Fig. 223, a Polar estará n'esse momento na direcção do meridiano.

f) Por indicios e informações. Os cataventos, quando teem indicados os pontos cardeaes e os moinhos de vento em actividade pódem fornecer orientações aproximadas.

Nos moinhos, em Portugal, a porta está geralmente a *SE* etc., etc.

§ 6 — AS MESMAS DETERMINAÇÕES QUANDO NO MAR

485 — Determinação da latitude, longitude e azimuth.—Para estas determinações recorreremos aos processos estudados na navegação, combinando convenientemente varias rectas de altura quanto á determinação das coordenadas geographicas, e servindo as formulas dos n.os 481 e 482 para calculo do azimuth, segundo as circumstancias.

486 — Determinação dos elementos magneticos. — No mar, a determinação dos elementos, força total e inclinação, é feita rigorosamente recorrendo ao circulo de Fox, de cuja descripção e emprego não tratamos aqui para não alongar mais este curso (1).

Póde, a bordo, obter-se um valor muito aproximado da declinação magnetica, empregando as vulgares agulhas usadas modernamente. Conhecido o valor do coefficiente *A* (2) d'uma agulha praticamente compensada, e feita, segundo os preceitos devidos, uma tabella de desvios, estaremos habilitados a determinar um valor aproximado da declinação magnetica no logar em que essa tabella foi obtida. A differença, entre a média dos azimuths verdadeiros e a média dos da agulha, dará a somma algebrica da declinação pedida com o coefficiente *A*.

FIM DO LIVRO TERCEIRO E ULTIMO

---

(1) Recommendamos, sobre o assumpto, a obra do Commander T. A. Lyons «A treatise on electromagnetic phenomena and on the compass and its deviations aboard ship» — New-York, 1901.

(2) Desvio constante.

INDICE

LIVRO PRIMEIRO: INSTRUMENTOS

Parte primeira — Noções preliminares

Capitulo I — Noções elementares sobre a theoria dos erros.

Capitulo II — Estudo de alguns orgãos dos instrumentos

Parte segunda — Medição de angulos

Capitulo I — Instrumentos para medição de angulos Goniometros

Capitulo II — Instrumentos para traçado de angulos. Goniographos

Capitulo III — Esquadros

Parte terceira — Medição de distancias

Capitulo I — Instrumentos de medição directa

Capitulo II — Instrumentos de medição indirecta

Parte quarta — Medição de alturas

Capitulo I — Miras de niveis

Capitulo II — Niveis

Parte quinta — Medição de angulos, distancias e alturas

Capitulo I — Ideias geraes sobre tacheómetros, omnimetros, e apparelhos auto-reductores

Capitulo II — Noções de metrophotographia

Parte sexta — Additamento ao estudo dos instrumentos topographicos

Capitulo I — Signaes usados nas operações topographicas

Capitulo II — Instrumentos improvisados

Parte setima—Instrumentos usados na hydrographia propriamente dita

Capitulo I — Apparelhos de sondar

Capitulo II — Apparelhos para estudo das marés

Capitulo III — Outros instrumentos e apparelhos usados na hydrographia para fins diversos

Parte oitava — Instrumentos e utensilios de desenho e copia dos trabalhos hydrographicos

Capitulo I—Instrumentos e utensilios de desenho

Capitulo II — Instrumentos empregados nas copias do desenho

nona — Material de campanha e desembarque

Capitulo I — Escolha e conservação dos instrumentos

Capitulo II—Desembarques e acampamentos

LIVRO SEGUNDO: LEVANTAMENTOS

Parte primeira — Noções de cartographia

Capitulo I — Elementos geodesiccs

Capitulo III — Avaliação de altitudes

Capitulo IV — Determinação das coordenadas dos vertices de uma triangulação

Capitulo V — Problema dos dois angulos

Capitulo VI — Methodos topographicos

Capitulo VII — Determinação de posição de sondas á vista da terra

Parte terceira — Hydrotopographia regular

Capitulo I — Triangulação fundamental

Capitulo II — Topographia

Capitulo III — Hydrographia propriamente dita

Parte quarta — Hydrographia irregular

Capitulo I — Levantamentos na hypothese de se poder desembarcar

Capitulo II — Levantamentos na hypothese de se não poder desembarcar

Parte quinta — Desenho das cartas e planos

Capitulo I: Processos empregados n'este desenho

Livro terceiro: Estudos complementares

Parte primeira — Estudo das aguas do mar

Capitulo I — Noções de oceanographia estatica

Capitulo II — Noções de oceanographia dynamica

Capitulo III — Marés

Parte segunda — Determinações por processos astronomicos

Capitulo I — Explicação theorica dos processos

APPENDICE

3

TABOA I
Reducção de distancias ao horisonte
(n.º 133)

Angulo φ	Distancia D 10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2°	0·01	0·01	0·02	0·02	0·03	0·04	0·04	0·05	0·05	0·06
4	0·03	0·05	0·07	0·10	0·12	0·15	0·17	0·20	0·22	0·24
6	0·06	0·12	0·17	0·22	0·28	0·33	0·39	0·44	0·50	0·55
8	0·10	0·19	0·29	0·39	0·49	0·58	0·68	0·78	0·87	0·97
10	0·15	0·30	0·46	0·61	0·76	0·91	1·06	1·22	1·37	1·52
11	0·18	0·37	0·55	0·74	0·92	1·10	1·29	1·47	1·66	1·84
12	0·22	0·44	0·66	0·87	1·10	1·31	1·53	1·75	1·97	2·19
13	0·26	0·51	0·77	1·02	1·28	1·54	1·79	2·05	2·30	2·56
14	0·30	0·59	0·89	1·19	1·49	1·78	2·08	2·38	2·67	2·97
15	0·34	0·68	1·02	1·36	1·70	2·04	2·38	2·73	3·07	3·40
15 30	0·36	0·73	1·09	1·46	1·82	2·18	2·55	2·91	3·28	3·64
16	0·39	0·77	1·16	1·55	1·94	2·32	2·71	3·10	3·48	3·87
16 30	0·41	0·82	1·24	1·65	2·06	2·47	2·88	3·30	3·71	4·12
17	0·44	0·87	1·31	1·75	2·19	2·62	3·06	3·50	3·93	4·37
17 30	0·46	0·93	1·39	1·85	2·32	2·78	3·24	3·70	4·17	4·63
18	0·49	0·98	1·47	1·96	2·45	2·94	3·43	3·92	4·40	4·89
18 30	0·52	1·03	1·55	2·07	2·59	3·10	3·62	4·14	4·65	5·17
19	0·54	1·09	1·63	2·18	2·72	3·27	3·81	4·36	4·90	5·45
19 30	0·57	1·15	1·72	2·30	2·87	3·44	4·02	4·59	5·17	5·74
20	0·60	1·21	1·81	2·41	3·02	3·62	4·22	4·82	5·43	6·03
20 30	0·63	1·27	1·90	2·53	3·17	3·80	4·43	5·07	5·70	6·33
21	0·66	1·33	1·99	2·66	3·32	3·99	4·65	5·31	5·98	6·64
21 30	0·70	1·39	2·09	2·78	3·48	4·17	4·87	5·57	6·26	6·96
22	0·73	1·46	2·18	2·91	3·64	4·37	5·10	5·83	6·55	7·28
22 30	0·76	1·52	2·28	3·04	3·81	4·57	5·33	6·09	6·85	7·61
23	0·79	1·59	2·38	3·18	3·97	4·77	5·56	6·36	7·15	7·95
23 30	0·83	1·66	2·49	3·31	4·15	4·98	5·80	6·64	7·46	8·29
24	0·86	1·73	2·59	3·46	4·32	5·19	6·05	6·92	7·78	8·64
24 30	0·90	1·80	2·70	3·60	4·50	5·40	6·30	7·20	8·10	9·00
25	0·94	1·87	2·81	3·75	4·68	5·62	6·56	7·49	8·43	9·37
25 30	0·97	1·95	2·92	3·90	4·87	5·85	6·82	7·79	8·77	9·74
26	1·01	2·02	3·04	4·05	5·06	6·07	7·08	8·10	9·11	10·12
26 30	1·05	2·10	3·15	4·20	5·25	6·30	7·35	8·41	9·46	10·51
27	1·09	2·18	3·27	4·36	5·45	6·54	7·63	8·72	9·81	10·00
27 30	1·13	2·26	3·38	4·51	5·65	6·78	7·91	9·04	10·17	11·30
28	1·17	2·34	3·51	4·68	5·85	7·02	8·19	9·36	10·53	11·70
28 30	1·21	2·42	3·64	4·85	6·06	7·27	8·48	9·69	10·91	12·12
29	1·25	2·51	3·76	5·02	6·27	7·52	8·78	10·03	11·28	12·54
29 30	1·30	2·59	3·89	5·19	6·48	7·78	9·07	10·37	11·67	12·96
30	1·34	2·68	4·02	5·36	6·70	8·04	9·38	10·72	12·06	13·40

TABOA II

Distancias por angulo, para base egual a 3

(n.º 136)

φ	D	φ	D	φ	D	φ	D
0° 50'	206·3	1° 40'	103·1	3° 40'	46·9	7° 20	23·4
51	202·2	42	101·1	45	45·8	30	22·9
52	198·3	44	99·2	50	44·8	40	22·4
53	194·6	46	97·3	55	43·9	50	21·9
54	191·0	48	95·5	4 00	42·9	8 00	21·5
55	187·5	50	93·7	05	42·1	20	20·6
56	184·2	52	92·1	10	41·2	40	19·8
57	180·9	54	90·5	15	40·4	9 00	19·1
58	177·8	56	88·9	20	39·7	20	18·4
59	174·8	58	87·4	25	38·9	40	17·7
1 00	171·9	2 00	85·9	30	38·2	10 00	17·2
02	166·4	05	82·5	35	37·5	30	16·3
04	161·1	10	79·3	40	36·8	11 00	15·6
06	156·3	15	76·4	45	36·2	30	14·9
08	151·7	20	73·7	50	35·5	12 00	14·3
10	147·3	25	71·2	55	34·9	30	13·7
12	143·2	30	68·7	5 00	34·4	13 00	13·2
14	139·4	35	66·5	10	33·9	30	12·7
16	135·7	40	64·4	20	32·2	14 00	12·2
18	132·2	45	62·5	30	31·2	30	11·8
20	128·9	50	60·7	40	30·3	15 00	11·4
22	125·8	55	58·9	50	29·4	30	11·0
24	122·8	3 00	57·3	6 00	28·6	16 00	10·7
26	119·9	05	55·7	10	27·9	17 00	10·0
28	117·2	10	54·3	20	27·1	18 00	9·5
30	114·6	15	52·9	30	26·4	20 00	8·6
32	112·1	20	51·6	40	25·8	22 00	7·7
34	109·7	25	50·3	50	25·1	24 00	7·1
36	107·4	30	49·1	7 00	24·5	26 00	6·5
38	105·2	35	48·0	10	24·0	28 00	6·0
40	103·1	40	46·9	20	23·4	30 00	5·6

TABOA III

Valores de log. ρ' e log. ρ nas differentes latitudes

(n.º 253)

LATITUDE	log. ρ'	log. ρ	LATITUDE	log. ρ'	log. ρ
0°	6·8047038	6·8017472	45°	6·8054418	6·8039610
1	7043	7484	46	4676	6·8040384
2	7057	7520	47	4934	1156
3	7079	7592	48	5192	1927
4	7111	7688	49	5448	2696
5	7151	7808	50	5702	3461
6	7200	7954	51	5956	4222
7	7258	8129	52	6207	4976
8	7324	8327	53	6457	5725
9	7399	8553	54	6704	6466
10	7483	8805	55	6948	7198
11	7575	9081	56	7189	7922
12	7676	9383	57	7427	8635
13	7785	9709	58	7661	9338
14	7901	6·8020060	59	7891	6·8050028
15	8025	0434	60	8117	0708
16	8158	0831	61	8339	1371
17	8298	1251	62	8555	2021
18	8446	1694	63	8767	2656
19	8602	2159	64	8974	3277
20	8764	2645	65	9175	3879
21	8932	3151	66	9370	4465
22	9108	3678	67	9559	5032
23	9289	4224	68	9741	5580
24	9477	4788	69	9917	6109
25	9672	5371	70	6·8060087	6618
26	9872	5972	71	0250	7107
27	6·8050077	6588	72	0406	7574
28	0287	7221	73	0555	8020
29	0504	7870	74	0697	8442
30	0725	8532	75	0829	8842
31	0950	9207	76	0954	9218
32	1180	9896	77	1072	9571
33	1413	6·8030596	78	1180	9899
34	1651	1308	79	1282	6·8060202
35	1891	2029	80	1376	0480
36	2135	2761	81	1460	0733
37	2382	3501	82	1535	0960
38	2631	4247	83	1602	1161
39	2881	5001	84	1661	1336
40	3135	5760	85	1709	1484
41	3390	6525	86	1750	1605
42	3646	7292	87	1782	1701
43	3902	8063	88	1804	1767
44	4160	8836	89	1818	1809
45	4418	9610	90	1822	1822

TABOA IV

Grandezas em metros de 1′ de meridiano e parallelos

6 (n.º 254)

Latitude	Minuto de meridiano (metros)	Minuto de parallelo (metros)	Latitude	Minuto de meridiano (metros)	Minuto de parallelo (metros)
0°	1842·78	1855·37	45°	1852·20	1314·17
1	42·79	55·09	46	52·53	1291·11
2	42·80	54·24	47	52·86	67·66
3	42·83	52·84	48	53·18	43·82
4	42·87	50·88	49	53·51	19·59
5	42·92	48·36	50	53·84	1194·99
6	42·98	45·27	51	54·17	70·02
7	43·05	41·63	52	54·49	44·69
8	43·14	37·43	53	54·81	19·01
9	43·24	32·68	54	55·12	1092·99
10	43·35	27·37	55	55·43	66·63
11	43·46	21·50	56	55·74	39·94
12	43·59	15·09	57	56·05	12·93
13	43·73	08·13	58	56·35	0985·61
14	43·88	00·61	59	56·65	57·99
15	44·04	1792·55	60	56·94	30·06
16	44·20	83·95	61	57·22	01·84
17	44·38	74·81	62	57·50	0873·36
18	44·57	65·13	63	57·77	44·60
19	44·77	54·92	64	58·03	15·58
20	44·97	44·17	65	58·29	0786·31
21	45·19	32·89	66	58·54	56·79
22	45·41	21·09	67	58·78	27·04
23	45·65	08·76	68	59·02	0697·07
24	45·80	1695·92	69	59·25	66·88
25	46·13	82·56	70	59·47	36·48
26	46·39	68·68	71	59·67	05·89
27	46·65	54·30	72	59·87	0575·11
28	46·92	39·42	73	60·06	44·15
29	47·20	24·04	74	60·25	13·02
30	47·48	08·16	75	60·42	0481·73
31	47·77	1591·79	76	60·58	50·29
32	48·07	74·94	77	60·73	18·72
33	48·37	57·61	78	60·87	0387·01
34	48·67	39·81	79	61·00	55·18
35	48·97	21·53	80	61·12	23·25
36	49·28	02·79	81	61·23	0291·21
37	49·59	1483·59	82	61·32	59·08
38	49·91	63·93	83	61·41	26·87
39	50·23	43·83	84	61·49	0194·59
40	50·55	23·29	85	61·55	62·25
41	50·88	02·31	86	61·60	29·86
42	51·21	1380·91	87	61·64	0097·43
43	51·54	59·08	88	61·67	64·97
44	51·87	36·83	89	61·69	32·49
45	52·20	14·17	90	61·69	00·00

TABOA V

Distancia por caminho e marcações

(n.° 298)

Diferença entre as duas marcações	1.ª marcação a contar da prôa														
	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
			150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100	95	90
° 10	1·97	2·43	2·88	3·30	3·70	4·07	4·41	4·72	4·99	5·22	5·41	5·56	5·67	5·74	5·76
12	1·65	2·03	2·40	2·76	3·09	3·40	3·68	3·94	4·17	4·36	4·52	4·65	4·74	4·79	4·81
14	1·41	1·75	2·07	2·37	2·66	2·92	3·17	3·39	3·58	3·75	3·88	3·99	4·07	4·12	4·13
16	1·24	1·53	1·81	2·08	2·33	2·57	2·78	2·97	3·14	3·29	3·41	3·50	3·57	3·61	3·63
18	1·11	1·37	1·62	1·86	2·08	2·29	2·48	2·65	2·80	2·93	3·04	3·13	3·19	3·22	3·24
20	1·00	1·24	1·46	1·68	1·88	2·07	2·24	2·40	2·53	2·65	2·75	2·82	2·88	2·01	2·92
22	0·91	1·13	1·33	1·53	1·72	1·89	2·04	2·19	2·31	2·42	2·51	2·58	2·63	2·66	2·67
24	0·84	1·04	1·23	1·41	1·58	1·74	1·88	2·01	2·13	2·23	2·31	2·37	2·42	2·45	2·46
26	0·78	0·96	1·14	1·31	1·47	1·62	1·75	1·87	1·98	2·07	2·14	2·20	2·25	2·27	2·28
28	0·73	0·90	1·07	1·22	1·37	1·51	1·63	1·74	1·84	1·93	2·00	2·06	2·10	2·12	2·13
30	0·68	0·85	1·00	1·15	1·29	1·41	1·53	1·64	1·73	1·81	1·88	1·03	1·97	1·99	2·00
32	0·65	0·80	0·94	1·08	1·21	1·33	1·45	1·54	1·63	1·71	1·77	1·82	1·86	1·88	1·89
34	0·61	0·76	0·89	1·02	1·15	1·26	1·37	1·46	1·55	1·62	1·68	1·73	1·76	1·78	1·79
36	0·58	0·72	0·85	0·97	1·09	1·20	1·30	1·39	1·47	1·54	1·60	1·64	1·68	1·69	1·70
38	0·56	0·69	0·81	0·93	1·04	1·14	1·24	1·33	1·41	1·47	1·52	1·57	1·60	1·62	1·62
40 140	0·53	0·66	0·78	0·89	1·00	1·10	1·19	1·27	1·35	1·41	1·46	1·50	1·53	1·55	1·56
42 138	0·51	0·63	0·75	0·86	0·96	1·05	1·14	1·22	1·29	1·35	1·40	1·44	1·47	1·49	1·49
44 136	0·49	0·61	0·72	0·83	0·93	1·02	1·10	1·18	1·25	1·30	1·35	1·39	1·42	1·43	1·44
46 134	0·48	0·59	0·70	0·80	0·89	0·98	1·06	1·13	1·20	1·26	1·31	1·34	1·37	1·38	1·39
48 132	0·46	0·57	0·67	0·77	0·86	0·95	1·03	1·10	1·17	1·22	1·26	1·30	1·33	1·34	1·35
50 130	0·45	0·55	0·65	0·75	0·84	0·92	1·00	1·07	1·13	1·18	1·23	1·26	1·29	1·30	1·31
55 125	0·42	0·52	0·61	0·70	0·79	0·86	0·94	1·00	1·06	1·11	1·16	1·19	1·21	1·22	1·23
60 120	0·39	0·49	0·58	0·66	0·74	0·82	0·88	0·95	1·00	1·05	1·09	1·12	1·14	1·15	1·15
65 115	0·38	0·47	0·55	0·63	0·71	0·78	0·85	0·91	0·96	1·00	1·04	1·07	1·09	1·10	1·10
70 110	0·36	0·45	0·53	0·61	0·68	0·75	0·82	0·87	0·92	0·96	1·00	1·03	1·05	1·06	1·06
75 105	0·36	0·44	0·52	0·59	0·67	0·73	0·80	0·85	0·00	0·94	0·97	1·00	1·02	1·03	.
80 100	0·35	0·43	0·51	0·58	0·65	0·72	0·78	0·83	0·88	0·92	0·95	0·98	1·00	.	.
85 95	0·34	0·42	0·50	0·58	0·65	0·71	0·77	0·82	0·87	0·91	0·94	0·97	.	.	.
90 90	0·34	0·42	0·50	0·57	0·64	0·71	0·77	0·82	0·87	0·91	0·94	.	.	.	.

TABOA VI

Distancia por angulo para o horisonte

(n.° 300)

Distancias	Elevação do instrumento										
	5m	6m	7m	8m	9m	10m	14m	18m	22m	26m	30m
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″
100	2 47 49	3 21 42	3 55 36	4 29 27	5 03 16	5 37 03	7 51 35	10 04 45	12 16 11	14 25 28	16 32 19
200	1 22 01	1 38 49	1 55 38	2 12 28	2 29 20	2 46 12	3 53 40	5 1 07	6 8 23	7 15 28	8 22 13
300	0 53 24	4 29	15 35	1 26 42	1 37 51	1 49 01	2 33 45	3 18 34	4 3 25	4 48 14	5 33 01
400	39 05	0 47 18	0 55 33	3 49	12 06	20 25	1 53 44	2 27 09	3 0 39	3 34 11	4 7 45
500	30 32	37 02	43 33	0 50 06	0 56 40	3 16	29 44	1 56 19	2 23 00	2 49 43	3 16 27
600	24 48	39 10	35 33	40 57	46 22	51 48	13 42	35 43	1 57 50	20 01	2 42 12
700	20 45	25 17	29 51	34 26	39 03	43 40	2 18	21 03	39 53	1 58 48	17 44
800	17 42	21 38	25 35	29 33	33 32	37 33	0 53 42	10 01	26 25	42 52	1 59 21
900	15 20	18 47	22 15	25 45	29 16	32 48	47 04	1 27	15 56	30 29	45 04
1000	13 27	16 31	19 37	22 44	25 52	29 01	41 45	0 54 37	7 34	20 36	33 39
1100	11 55	14 40	17 27	20 15	23 04	25 54	37 22	48 59	0 41	12 29	24 18
1200	10 37	13 07	15 38	18 11	20 44	23 19	33 45	44 18	0 54 59	5 43	16 31
1300	9 34	11 50	14 08	16 27	18 47	21 09	30 41	40 23	50 11	0 02	9 56
1400	8 38	10 43	12 49	14 57	17 06	19 16	28 04	37 00	46 02	0 55 08	4 17
1500	7 49	9 44	11 41	13 39	15 38	17 39	25 47	34 04	42 26	50 54	0 59 23
1600	7 09	8 55	10 43	13 32	14 23	16 15	23 49	31 31	39 19	47 12	55 08
1700	6 32	8 10	9 51	11 33	13 16	15 00	22 04	29 16	36 34	43 57	51 22
1800	6 00	7 32	9 06	10 41	12 17	13 54	20 32	27 17	34 08	41 03	48 01
1900	5 31	6 57	8 25	9 54	11 24	12 56	19 08	25 29	31 57	38 29	45 02
2000	5 06	6 27	7 49	9 12	10 36	12 02	17 54	23 53	29 59	36 08	42 20
2200	4 21	5 32	6 45	7 59	9 15	10 32	15 45	21 07	26 36	32 08	37 42
2400	3 44	4 48	5 53	6 59	8 07	9 16	13 58	18 50	23 47	28 48	33 50
2600	3 15	4 10	5 08	6 08	7 10	8 12	12 27	16 53	21 23	25 57	30 34
2800	2 48	3 39	4 33	5 26	6 22	7 18	11 13	15 15	19 22	23 33	27 47
3000	2 26	3 12	4 00	4 50	5 41	6 32	10 07	13 49	17 37	21 28	25 22
3200	2 08	2 49	3 33	4 19	5 05	5 52	9 08	12 34	16 04	19 37	23 16
3400	1 52	2 29	3 09	3 50	4 33	5 17	8 18	11 27	14 43	18 02	21 25
3600	1 36	2 11	2 48	3 26	4 06	4 46	7 33	10 30	13 32	16 37	19 46
3800	1 26	1 58	2 31	3 05	3 41	4 18	6 54	9 38	12 28	15 23	18 19
4000	1 14	1 43	2 14	2 47	3 20	3 54	6 19	8 53	11 32	14 15	17 02
4200	1 04	1 31	2 00	2 29	3 00	3 32	5 48	8 11	10 40	13 13	15 49
4400	0 56	1 20	1 47	2 15	2 43	3 13	5 18	7 34	9 54	12 18	14 45
4600	0 50	1 13	1 37	2 02	2 28	2 55	4 53	7 01	9 12	11 28	13 47
4800	·	1 02	1 24	1 48	2 12	2 38	4 30	6 29	8 33	10 41	12 53
5000	·	0 53	1 15	1 36	1 59	2 24	4 09	6 01	7 58	10 09	12 05
6000	·	·	·	0 57	1 13	1 30	2 45	4 09	5 39	7 15	8 51

TABOA VII

Distancia pela altura angular de um ponto áquem do horisonte

(n.º 302)

Angulo obs.º	Factor	Angulo obs.º	Factor	Angulo obs.º	Factor	Angulo obs.º	Factor
0° 00′	—	0° 30′	0·0619	1° 00′	0·0309	4° 00′	0·0077
01	1·8562	31	·0599	02	·0299	20	·0071
02	0·9281	32	·0580	04	·0290	40	·0066
03	·6187	33	·0562	06	·0281	5 00	·0062
04	·4641	34	·0546	08	·0273	20	·0058
05	·3713	35	·0530	10	·0265	40	·0054
06	·3094	36	·0516	12	·0258	6 00	·0051
07	·2652	37	·0502	14	·0251	20	·0049
08	·2320	38	·0488	16	·0244	40	·0046
09	·2062	39	·0476	18	·0238	7 00	·0044
10	·1856	40	·0464	20	·0232	30	·0041
11	·1687	41	·0453	22	·0226	8 00	·0038
12	·1547	42	·0441	24	·0221	30	·0036
13	·1428	43	·0432	26	·0216	9 00	·0034
14	·1326	44	·0422	28	·0211	30	·0032
15	·1237	45	·0412	30	·0206	10 00	·0031
16	·1160	46	·0404	35	·0195	11 00	·0028
17	·1092	47	·0395	40	·0186	12 00	·0025
18	·1031	48	·0387	45	·0177	13 00	·0023
19	·0977	49	·0379	50	·0169	14 00	·0022
20	·0928	50	·0371	55	·0161	15 00	·0020
21	·0884	51	·0364	2 00	·0155	16 00	·0019
22	·0844	52	·0357	10	·0143	17 00	·0018
23	·0807	53	·0350	20	·0132	18 00	·0017
24	·0773	54	·0344	30	·0124	19 00	·0016
25	·0742	55	·0337	40	·0116	20 00	·0015
26	·0714	56	·0331	50	·0109	25 00	·0012
27	·0687	57	·0326	3 00	·0103	30 00	·0009
28	·0663	58	·0320	20	·0093	35 00	·0008
29	·0640	59	·0315	40	·0084	40 00	·0006
30	·0619	1 00	·0309	4 00	·0077	45 00	·0005

TABOA VIII

Distancia (em milhas) pela altura angular de um ponto além do horisonte

Altura ang.ar menos depr.ão	Elevação do objecto diminuida da elevação do instrumento													
	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	60m	70m	80m	90m
0° 00	4·7	6·7	8·1	9·4	10·5	11·5	12·4	13·3	14·1	14·9	16·3	17·6	18·8	19·9
01	3·7	5·6	7·0	8·3	9·4	10·4	11·3	12·1	12·9	13·7	15·1	16·4	17·7	18·8
02	2·9	4·7	6·1	7·3	8·3	9·3	10·2	11·0	11·9	12·7	14·0	15·3	16·6	17·7
03	2·3	4·0	5·3	6·5	7·5	8·4	9·3	10·1	11·0	11·8	13·0	14·3	15·6	16·7
04	1·9	3·4	4·6	5·7	6·7	7·7	8·5	9·3	10·1	10·9	12·2	13·5	14·6	15·8
05	·	3·0	4·1	5·2	6·1	7·0	7·8	8·6	9·4	10·1	11·4	12·7	13·8	14·9
06	·	2·6	3·7	4·7	5·5	6·4	7·2	8·0	8·7	9·4	10·6	11·9	13·0	14·1
07	·	2·3	3·3	4·2	5·0	5·8	6·6	7·4	8·1	8·8	9·9	11·1	12·2	13·3
08	·	2·1	3·0	3·8	4·6	5·4	6·2	6·9	7·6	8·2	9·3	10·4	11·5	12·6
09	·	1·9	2·7	3·5	4·2	4·9	5·7	6·4	7·0	7·6	8·7	9·8	10·9	11·9
10	·	·	2·5	3·2	3·9	4·6	5·3	6·0	6·6	7·2	8·3	9·3	10·3	11·3
12	·	·	2·1	2·8	3·4	4·0	4·6	5·2	5·8	6·3	7·4	8·4	9·3	10·3
14	·	·	1·9	2·5	3·0	3·6	4·1	4·6	5·2	5·7	6·7	7·6	8·5	9·3
16	·	·	·	2·2	2·7	3·2	3·7	4·1	4·6	5·1	6·0	6·9	7·7	8·5
18	·	·	·	2·0	2·4	2·9	3·3	3·7	4·2	4·6	5·5	6·3	7·1	7·8
20	·	·	·	1·8	2·2	2·6	3·0	3·4	3·8	4·2	5·0	5·8	6·5	7·2
25	·	·	·	·	1·8	2·1	2·5	2·8	3·2	3·5	4·2	4·8	5·4	6·0
30	·	·	·	·	·	1·8	2·1	2·4	2·7	3·0	3·6	4·0	4·6	5·2
35	·	·	·	·	·	·	1·8	2·0	2·3	2·6	3·1	3·5	4·0	4·5
40	·	·	·	·	·	·	·	1·8	2·0	2·3	2·8	3·2	3·6	4·0
50	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1·8	2·2	2·6	2·9	3·2
1 00	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1·8	2·1	2·4	2·7
10	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1·8	2·1	2·4
20	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1·8	2·1
30	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1·8

Altura ang.ar menos depr.ão	Elevação do objecto diminuida da elevação do instrumento													
	100m	120m	140m	160m	180m	200m	220m	240m	260m	280m	300m	350m	400m	450m
0° 00	21·0	23·0	24·9	26·6	28·2	29·7	31·2	32·6	33·0	35·2	36·4	39·3	42·1	44·6
02	18·8	20·8	22·7	24·4	25·9	27·4	28·9	30·3	31·6	32·9	34·1	37·0	39·8	42·3
04	16·8	18·8	20·7	22·3	23·9	25·3	26·7	28·1	29·5	30·8	32·0	34·8	37·5	40·1
06	15·1	17·0	18·8	20·4	22·0	23·4	24·8	26·2	27·6	28·9	29·9	32·8	35·4	37·9
08	13·5	15·4	17·2	18·8	20·3	21·7	23·1	24·5	25·7	26·9	28·0	31·0	33·7	36·1
10	12·2	14·0	15·7	17·3	18·8	20·2	21·5	22·8	24·0	25·2	26·3	29·3	32·0	34·3
12	11·1	12·8	14·4	15·9	17·3	18·7	20·0	21·2	22·4	23·6	24·8	27·7	30·3	32·6
14	10·1	11·7	13·2	14·6	16·0	17·4	18·7	19·9	21·1	22·2	23·3	26·1	28·6	30·9
16	9·2	10·8	12·2	13·6	14·9	16·2	17·5	18·7	19·8	20·9	22·0	24·5	26·9	29·4
18	8·6	10·1	11·4	12·8	14·1	15·3	16·5	17·6	18·7	19·7	20·7	23·2	25·7	28·1
20	8·0	9·4	10·7	12·0	13·3	14·4	15·5	16·6	17·7	18·7	19·7	22·1	24·4	26·8
24	6·9	8·2	9·4	10·5	11·6	12·6	13·7	14·8	15·8	16·8	17·8	20·1	22·3	24·5
28	6·1	7·2	8·3	9·4	10·4	11·4	12·4	13·4	14·3	15·2	16·0	18·1	20·2	22·4
32	5·4	6·4	7·4	8·4	9·3	10·2	11·2	12·1	12·9	13·7	14·4	16·5	18·5	20·6
36	4·7	5·7	6·7	7·6	8·5	9·3	10·1	10·9	11·6	12·3	13·0	15·2	17·3	19·1
40	4·4	5·2	6·0	6·8	7·6	8·4	9·2	10·0	10·8	11·6	12·4	14·2	16·0	17·6
45	3·9	4·7	5·5	6·3	7·0	7·7	8·4	9·1	9·8	10·5	11·2	13·0	14·7	16·1
50	3·6	4·3	5·0	5·7	6·4	7·0	7·7	8·3	8·9	9·5	10·1	11·9	13·5	14·8
1 00	2·9	3·6	4·2	4·8	5·4	5·9	6·5	7·1	7·7	8·2	8·8	10·1	11·4	12·8
10	2·5	3·1	3·6	4·1	4·6	5·1	5·6	6·1	6·6	7·1	7·6	8·9	10·1	11·1
20	2·3	2·8	3·2	3·6	4·0	4·5	5·0	5·4	5·8	6·3	6·7	7·7	8·8	9·8
40	1·9	2·3	2·6	2·9	3·2	3·6	4·0	4·4	4·7	5·1	5·4	6·3	7·2	8·0
2 00	·	1·9	2·2	2·5	2·8	3·1	3·4	3·7	4·0	4·3	4·6	5·3	6·0	6·7
30	·	·	1·7	2·0	2·3	2·5	2·7	3·0	3·2	3·5	3·7	4·3	4·9	5·4
3 00	·	·	·	1·7	1·9	2·1	2·3	2·5	2·7	2·9	3·1	3·6	4·1	4·6

TABOA VIII (continuação)

(n.° 302)

Altura ang.ar menos depr.ão	Elevação do objecto diminuida da elevação do instrumento													
	500m	550m	600m	650m	700m	750m	800m	850m	900m	950m	1000m	1100m	1200m	1300m
0° 00′	47·0	49·3	51·5	53·6	55·6	57·6	59·5	61·3	63·1	64·8	66·5	69·7	72·8	75·8
03	43·6	45·9	48·1	50·2	52·2	54·1	56·0	57·8	59·6	61·3	63·0	66·2	69·3	72·3
06	40·4	42·7	44·9	47·0	49·0	50·9	52·7	54·5	56·3	58·0	59·7	62·9	66·0	69·0
09	37·4	39·7	41·9	44·0	45·9	47·8	49·7	51·5	53·2	54·9	56·6	59·8	62·9	65·9
12	34·8	37·1	39·2	41·2	43·1	45·0	46·8	48·6	50·4	52·1	53·7	56·8	59·9	62·9
15	32·4	34·6	36·7	38·7	40·6	42·4	44·2	46·0	47·7	49·4	51·0	54·1	57·1	60·0
18	30·2	32·4	34·4	36·3	38·2	40·0	41·8	43·5	45·2	46·8	48·4	51·5	54·5	57·4
21	28·3	30·3	32·2	34·1	36·0	37·8	39·5	41·2	42·8	44·4	46·0	49·0	51·9	54·8
24	26·4	28·3	30·2	32·1	33·9	35·7	37·4	39·1	40·7	42·3	43·8	46·8	49·7	52·5
27	24·8	26·7	28·5	30·3	32·1	33·8	35·5	37·1	38·7	40·2	41·7	44·6	47·4	50·2
30	23·3	25·2	26·9	28·7	30·4	32·0	33·6	35·2	36·8	38·3	39·8	42·6	45·4	48·1
35	21·2	22·9	24·6	26·2	27·8	29·4	30·9	32·4	33·9	35·4	36·8	39·5	42·2	44·8
40	19·3	20·9	22·5	24·1	25·6	27·1	28·6	30·0	31·4	32·8	34·2	36·8	39·4	41·9
45	17·7	19·2	20·7	22·2	23·7	25·1	26·5	27·9	29·2	30·5	31·8	34·3	36·8	39·3
50	16·3	17·8	19·2	20·6	22·0	23·3	24·6	25·9	27·2	28·5	29·7	32·1	34·5	36·8
1 00	14·1	15·4	16·7	17·9	19·1	20·3	21·5	22·7	23·8	25·0	26·1	28·4	30·6	32·8
10	12·4	13·5	14·7	15·8	16·9	18·0	19·0	20·1	21·2	22·3	23·3	25·3	27·3	29·3
20	11·0	12·0	13·0	14·1	15·1	16·1	17·1	18·1	19·0	19·9	20·7	22·7	24·6	26·5
35	9·4	10·3	11·2	12·1	13·0	13·9	14·7	15·6	16·4	17·2	18·0	19·7	21·4	23·1
50	8·2	9·0	9·8	10·6	11·4	12·2	13·0	13·7	14·4	15·1	15·8	17·4	18·9	20·4
2 10	7·0	7·6	8·3	9·0	9·7	10·3	10·0	11·7	12·4	13·0	13·7	15·0	16·3	17·6
40	5·7	6·3	6·8	7·4	7·9	8·5	9·0	9·6	10·1	10·7	11·2	12·3	13·4	14·5
3 20	4·6	5·0	5·5	5·9	6·4	6·8	7·3	7·7	8·2	8·6	9·1	10·0	10·9	11·8
4 00	3·8	4·2	4·6	5·0	5·4	5·7	6·1	6·5	6·9	7·2	7·6	8·4	9·1	9·7
5 00	3·1	3·4	3·7	4·0	4·3	4·6	4·9	5·2	5·5	5·8	6·1	6·7	7·3	7·9

Altura ang.ar menos depr.ão	Elevação do objecto diminuida da elevação do instrumento													
	1400m	1600m	1800m	2000m	2200m	2400m	2600m	2800m	3000m	3200m	3400m	3600m	3800m	4000m
0°00′	78·7	84·1	89·2	94·0	98·6	103·0	107·2	111·3	115·2	118·9	122·6	126·2	129·6	133·0
10	67·7	73·1	78·2	82·8	87·4	91·8	96·0	100·0	103·9	107·6	111·3	114·8	118·3	121·6
20	58·4	63·6	68·5	73·2	77·6	81·9	86·1	90·1	93·8	97·5	101·1	104·6	108·0	111·3
30	50·7	55·7	60·4	64·9	69·1	73·3	77·3	81·1	84·8	88·5	92·0	95·4	98·8	102·0
40	44·4	49·1	53·5	57·7	61·9	65·8	69·7	73·5	77·1	80·5	83·9	87·3	90·5	93·6
50	39·1	43·5	47·7	51·7	55·6	59·4	63·1	66·7	70·1	73·5	76·8	80·1	83·2	86·2
1 00	34·9	38·9	42·8	46·6	50·3	53·9	57·4	60·8	64·1	67·3	70·5	73·6	76·6	79·5
10	31·2	35·0	38·7	42·3	45·7	49·1	52·4	55·6	58·8	61·9	64·9	67·8	70·7	73·5
25	27·0	30·5	33·8	37·0	40·1	43·2	46·2	49·2	52·1	55·0	57·8	60·6	63·3	65·9
40	23·6	26·7	29·7	32·6	35·5	38·3	41·1	43·8	46·5	49·2	51·8	54·4	56·9	59·4
2 00	20·2	22·9	25·5	28·1	30·7	33·3	35·8	38·3	40·7	43·1	45·4	47·7	50·0	52·3
20	17·6	20·0	22·3	24·6	26·9	29·2	31·5	33·7	35·9	38·1	40·2	42·3	44·4	46·5
40	15·6	17·7	19·8	21·9	24·0	26·0	28·0	30·0	32·0	34·0	36·0	38·0	39·9	41·8
3 00	14·0	16·0	17·9	19·8	21·7	23·5	25·4	27·2	29·0	30·8	32·6	34·4	36·2	37·9
30	12·0	13·7	15·4	17·1	18·8	20·4	22·0	23·6	25·2	26·8	28·4	30·0	31·6	33·1
4 00	10·5	12·1	13·6	15·1	16·5	18·0	19·4	20·8	22·3	23·7	25·1	26·5	27·9	29·0
30	9·4	10·9	12·2	13·5	14·8	16·1	17·4	18·7	20·0	21·3	22·6	23·9	25·2	26·3
5 00	8·6	9·8	11·0	12·2	13·4	14·5	15·7	16·0	18·1	19·3	20·5	21·6	22·7	23·9
30	7·8	8·9	10·0	11·1	12·2	13·3	14·4	15·5	16·6	17·7	18·8	19·8	20·8	21·8
6 00	7·2	8·1	9·1	10·1	11·1	12·1	13·1	14·2	15·2	16·2	17·1	18·1	19·1	20·1
6 30	6·6	7·5	8·4	9·3	10·3	11·2	12·1	13·0	13·9	14·8	15·9	16·8	17·7	18·6
7 00	6·1	7·0	7·8	8·7	9·5	10·4	11·3	12·1	13·0	13·8	14·7	15·6	16·5	17·3
8 00	5·4	6·1	6·8	7·6	8·4	9·1	9·9	10·6	11·4	12·1	12·8	13·6	14·3	15·2
9 00	4·7	5·4	6·1	6·7	7·4	8·1	8·8	9·4	10·1	10·8	11·4	12·1	12·8	13·4
10 00	4·3	4·9	5·5	6·1	6·7	7·3	7·9	8·5	9·1	9·7	10·3	10·9	11·5	12·1

TABOA IX

Altitude (em metros) pela depressão do horisonte

(n.º 311)

Depressão	Elevação correspondente (metros)	Depressão	Elevação correspondente (metros)	Depressão	Elevação correspondente (metros)
2′	1·3	12′	46·2	22′	155·2
2·5	2·0	12·5	50·1	22·5	162·4
3	2·9	13	54·2	23	169·7
3·5	3·9	13·5	58·4	23·5	177·1
4	5·1	14	62·9	24	184·7
4·5	6·5	14·5	67·4	24·5	192·5
5	8·0	15	72·2	25	200·4
5·5	9·7	15·5	77·0	25·5	208·5
6	11·5	16	82·1	26	216·8
6·5	13·5	16·5	87·3	26·5	225·2
7	15·7	17	92·7	27	233·8
7·5	18·0	17·5	98·2	27·5	242·5
8	20·5	18	103·9	28	251·4
8·5	23·2	18·5	109·8	28·5	260·5
9	26·0	19	115·8	29	269·7
9·5	28·9	19·5	121·9	29·5	279·1
10	32·1	20	128·3	30	288·6
10·5	35·4	20·5	134·8	30·5	298·3
11	38·8	21	141·4	31	308·2
11·5	42·4	21·5	148·2	31·5	318·2
12	46·2	22	155·2	32	328·2

TABOA X

Correcção ao Estabelecimento do porto para obter (☽ - maré)

(n.os 447 e 452)

Hora da passagem da ☽		h 0	h 1	h 2	h 3	h 4	h 5	h 6	h 7	h 8	h 9	h 10	h 11
Correcções ao E. P. para obter o (☽ - maré)	edade da maré 30 h	m 0	m —16	m —32	m —47	m —57	m —60	m —47	m —16	m +15	m +28	m +25	m +15
	edade da maré 60 h	m 0	m —15	m —31	m —47	m —62	m —72	m —75	m —62	m —31	m 0	m +13	m +10
Hora da passagem da ☽		h 12	h 13	h 14	h 15	h 16	h 17	h 18	h 19	h 20	h 21	h 22	h 23

TABOA XI

Determinação da latitude pelo methodo de Delambre

(n.º 474)

Colatitude λ	Distancia polar Δ																
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
90°	67	39	27	21	16	12	8	5	0	5	8	12	16	21	27	39	67
80 ou 100	54	33	24	17	13	9	5	0	5	8	12	15	19	24	32	48	
70 ou 110	48	29	20	14	10	5	0	5	8	12	15	18	23	29	40		
60 ou 120....	43	26	17	11	6	0	5	9	12	15	18	22	28	37			
50 ou 130.....	38	22	13	7	0	6	10	13	16	19	23	28	36				
40 ou 140.....	33	18	9	0	7	11	14	17	21	24	29	37					
30 ou 150	28	12	0	9	13	17	20	24	27	32	40						
20 ou 160.....	20	0	12	18	22	26	29	33	39	48							

N. B. — O limite do angulo horario para o qual o valor *n* é inferior a $\left\{\begin{matrix} 0'',1 \\ \text{ou} \\ 0'',01 \end{matrix}\right.$ é $\left\{\begin{matrix} \frac{1}{2} \\ \text{ou} \\ \frac{1}{3} \end{matrix}\right.$ do angulo horario dado pela taboa.

TABOA XII

Determinação da latitude pelo methodo de Delambre

(n.º 474)

Colatitude λ	Distancia polar Δ																
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
90°	135	90	67	51	40	29	20	11	0	11	20	29	40	51	67	90	135
80 ou 100.....	128	82	59	43	32	21	11	0	11	20	28	37	47	59	75	96	
70 ou 110.. ..	118	73	51	35	23	12	0	11	20	28	37	46	56	67	82		
60 ou 120.....	107	64	42	26	14	0	12	21	29	37	46	55	64	75			
50 ou 130.....	95	54	32	16	0	14	23	32	40	47	56	64	73				
40 ou 140....	82	42	19	0	16	26	35	43	51	59	67	75					
30 ou 150 ...	67	27	0	19	32	42	51	59	67	75	82						
20 ou 160.....	45	0	27	42	54	64	73	82	90	96							

N. B. — O limite do angulo horario para o qual os termos desprezados attingem $\left\{\begin{matrix} 0'',1 \\ \text{ou} \\ 0'',01 \end{matrix}\right.$ é $\left\{\begin{matrix} \frac{2}{3} \\ \text{ou} \\ \frac{1}{2} \end{matrix}\right.$ do angulo horario dado pela taboa.

ALGUMAS INSTRUCÇÕES DE CARACTER PRATICO [1]

RELAÇÃO DO MATERIAL PARA OS DIFFERENTES SERVIÇOS

Medições astronomicas: — Theodolito e seus accessorios. Sextante e seu supporte; horisonte artificial; chronometro. Bussola e fita metrica. Barometro e thermometro. Helióstato. Barraca de campanha; chapeo abrigo; estacas ou prégos de galeota; macete ou martello. Lanternas convenientemente guarnecidas; phosphoros. Signaes para correspondencia com o navio. Lapis, borracha e canivete; cadernos de registo; mappa de estrellas. Agua potavel.

N. B. — Os instrumentos nas respectivas caixas ou capas, durante a conducção.

Medições geodesicas:

a) Medição de angulos: — Theodolito e seus accessorios. Bussola e fita metrica. Binoculo. Helióstato. Barraca de campanha; chapeo abrigo; estacas ou prégos de galeota; macete ou martello. Varas e bandeiras velhas; mealhar e passadeira; bandeirolas; signaes para correspondencia com o navio. Lapis, borracha e canivete; cadernos de registo. Agua potavel.

N. B. — Os instrumentos nas respectivas caixas ou capas, durante a conducção.

b) Medição da base (empregando o fio d'aço):—Theodolito ou outro instrumento para alinhar e nivelar; accessorios do instrumento empregado. Thermometro. Binoculo. Todo o material descripto n.º 117; maço e tóro de madeira para bater as estacas e hastes dos alvos. Lapis, borracha e canivete; cadernos de registo. Agua potavel.

N. B. — Os instrumentos nas respectivas caixas ou capas, durante a conducção.

— Se os pontos extremos já estiverem previamente definidos, é necessario o emprego de reguas de tres a quatro metros, e uma pequena regua graduada.

Topographia: — Prancheta e tripé, com o respectivo joelho (em caixa propria); alidades e miras respectivas. Sextante e mira. Bussola de reconhecimento. Binoculo. Estacas pequenas; prégos e martello. Varas e bandeiras velhas; mealhar e passadeira; bandeirolas; signaes de communicação com o navio. Corneta ou apitos para signaes. Tabellas de reducção ao horisonte e para calculo de differenças de nivel. Agua potavel.

N. B. — Os instrumentos nas respectivas caixas ou capas, durante a conducção.

— Dentro da caixa da alidade deverá existir: um nivel de bolha; declinatoria; fio de prumo; fita metrica; lupa; compasso de pontas; duplo decimetro (em meios millimetros); transferidor (de papel vegetal); lixa esmeril, fina; camurça; agulhas (algumas com cabeça de lacre); *punaises*; lapis Faber (n.os 3 e 4, de secção triangular); borracha e canivete; papel vegetal; cadernos de registo.

Hydrographia:

a) Escala de marés: — Marémetro; material para ligação da escala á ponte ou caes, ou para fixação na praia (n.º 206). Barometro. Relogio. Material de campanha, segundo as circumstancias. Lanterna guarnecida; phosphoros. Lapis, borracha e canivete; cadernos de registo. Agua potavel.

b) Sondagens e estudo de correntes (usando de embarcação):—Sextantes; transferidor duplo ou multiplo. Agulha de marcar (de liquido). Relogio. Binoculo. Prancheta de sondagens; respectivo apoio (n.º 214) e co-

---

[1] Mais especialmente feitas para os trabalhos praticos dos alumnos da Escola Naval (Folhas lithographadas — Anno de 1901-902).

bertura. Prumos de mão; carretel e patesca para disparar o prumo para fóra da borda; vara de sondas. Barca de mão; flutuadores para estudo das correntes; ancorote e bastante cabo para fundear. Signaes para correspondencia com o navio. Cebo; cal e brochas para signaes complementares; merlim. Ancoreta com agua potavel.

N. B. — Conforme a natureza do serviço, assim poderá ser necessario algum material (como o indicado quando tratámos de desembarques), além d'aquelle que sempre deve acompanhar toda a embarcação quando largue de bordo.

— Dentro da caixa do transferidor deverá existir: compassos de pontas; agulhas com cabeça de lacre; *punaises;* lapis Faber (n.os 3 e 4, de secção triangular); borracha e canivete; cadernos de registo.

Desenho: — Estojo mathematico; compasso de reducção; cintél; lapis; canivete e raspadeira; borrachas; reguas; tinta preta de Nankim; *godets;* pennas de cursivinho e de desenho; papel continuo, tela, millimetrado e vegetal; rolo de folha para conservação do papel; pó de talco; gomma (de dextrina); esponja; *punaises;* pesos de chumbo; transferidor duplo; pantographo; agulhas; duplo decimetro; pinceis; tintas de aguarella: carmim, gomma-gutta, sepia, bistre, vermelhão, azul da Prussia, azul cobalto, verde bexiga, verde esmeralda, terra de Sienne; papel Marion e de decalco.

RELAÇÃO DOS CADERNOS DE REGISTO

Todos os registos e calculos deverão ser feitos, quanto possivel, em harmonia com os modelos e typos seguidos no ensino applicado da Escola Naval. Para mais facil exame e melhor ordem, deverão os registos ser passados a cadernetas com os seguintes titulos e fins:

a) Registo do serviço diario: indicações geraes sobre a ordem e circumstancias de execução de todo o trabalho.

b) Observações astronomicas: registo das observações e calculos de latitudes, longitudes e azimuths.

c) Angulos com o theodolito para pontos terrestres, azimuthaes e em altura.

d) Observações feitas a bordo: indicações sobre todas as multiplices operações que podem ser feitas no mar, de navio ou escaler.

e) Observações da escala de marés.

f) Registo de sondagens: em que devem figurar todas as correcções e nomes dos observadores de cada angulo, prumador etc.

g) Registos diversos, comprehendendo: esboços topographicos para a planimetria e configurado; determinação de distancias fundamentaes (bases); nomes indigenas dos logares, segundo as differentes procedencias, para uma mais exacta escripta etc.

INFORMAÇÕES A COLHER DURANTE UM TRABALHO HYDROGRAPHICO

a) Estudo de correntes, vagas, resacas e calemas; observações meteorologicas e magneticas; considerações sobre balisagem, pharolamento e melhoramentos dos portos; preceitos para demandar fundeadouros; indicações sobre a mineralogia, geologia, fauna e flóra das margens e fundos etc.

b) Nos rios ha a considerar mais especialmente: a direcção e velocidade das correntes directa e opposta ao sentido de propagação da onda de maré; occasiões de suas paragens e maximos em relação ao preamar e baixamar; maneira como se faz a propagação da onda de maré fluvial; macaréu; regimen dos affluentes; perfis transversaes; linha do thalweg e sua inclinação; estiagens e cheias; arborisação das margens, sua permeabilidade e desaggregação; deltas, açoriamentos e alterações das barras etc.

c) Quanto a assumptos que interessam á navegação, sob a forma mais particular de roteiros, podem ser citados os seguintes : informações sobre as estações de pilotos e de soccorros a naufragos ; postos chronometricos; signaes de tempo e de marés ; noticia sobre os fundeadouros, especialmente para navios de vela ; perigos a considerar ; logares de accesso e inaccessiveis a desembarques; abastecimentos de diversas ordens; docas e alfandegas ; communicações telegraphicas ; ditas maritimas e terrestres, especialmente acceleradas ; importação e exportação ; commercio maritimo; soccorros medicos, quarentenas, doenças endemicas e epidemicas, salubridade ; pescas e outras industrias, especialmente as de maior applicação á marinha ; população, emigração ; moeda corrente ; religião ; consules ; auctoridades maritimas e terrestres ; importancia estrategica do porto ; defesas terrestre e maritima ; frequencia da navegação das marinhas de guerra ; nomes indigenas dos logares ; resumo historico, especialmente dos assumptos relativos á marinha ; caracter dos habitantes etc.

ASSUMPTOS A MENCIONAR NAS CARTAS HYDROGRAPHICAS

O desenho das cartas deve obdecer ás convenções officialmente estabelecidas e quando haja necessidade de qualquer modificação, deve ella ser notada.

a) Assumptos indispensaveis que devem figurar em todas as cartas hydrotopographicas : — Nome do logar e costa a que pertence ; coordenadas geographicas de um ponto notavel, pelo menos, do terreno ; direcções N-S, verdadeira e magnetica, sendo aquella parallela á esquadria; escala do trabalho, graphica ou numerica ; pessoal superior que fez o levantamento e data da sua realisação; unidade a que se referem as sondas; zero hydrographico adoptado ; significação das iniciaes para representar as qualidades de fundo ; fundeadouros ; nomes por que são mais conhecidas as pontas, restingas etc ; linha dos 5^m e 10^m de profundidade ; amplitude media das aguas ; linha do preamar.

b) Indicações complementares muito importantes, mas que nem sempre poderão ser obidas ou que se não torna necessario apresentar em alguns casos particulares : — Maxima amplitude das aguas ; maxima e minima alturas da agua referidas ao zero hydrographico adoptado ; unidade de altura e estabelecimento do porto (em marés sufficientemente regulares) ; influencias locaes do vento sobre a altura das aguas ; edade da maré ; correntes de marés ; linha do baixamar ; topographia do terreno, até, pelo menos, 200^m para o interior da linha de maximas cheias ; altitudes dos pontos principaes e configuração aproximada do terreno ; pharoes e marcas maritimas ; vistas da terra tiradas de differentes pontos do mar, principalmente dos fundeadouros e logares por onde elles se demandam ; linhas para dirigir a navegação ; boias, balisas, pontões fixos ; valores dos elementos magneticos, suas variações e possiveis perturbações ; construcções e estabelecimentos que interessem particularmente á marinha; plano, em escala reduzida, de parte da costa que comprehenda a região levantada e abranja pontos notaveis de bôa conhecença; linha seguida pelos cabos de telegraphia submarina ; baixios e restingas que se devem evitar ; locaes de armações de pesca; logares de rebentação ; boias de perigos etc

FIM

ERRATAS

Pag.	Linha	Onde se lê	Leia-se
45	11	*graphometro pantometro*	*graphometro, pantometro*
46	35	Heldebrand	Hildebrand
	38	Linhe	Lingke
	39	Heldebrand	Hildebrand
168	6	— ravador	*t* — travador
270	Fig. 142	Falta a lettra *D* na ultima estação da mira	
290	4	$m = 180° - (C + e + d)$	$m = 180° - \frac{1}{2}(C + e + d)$
291	6	Z_{EE}, Z_{EE}	Z_{CE}, Z_{CD}
303	Fig. 168	Deve substituir-se a lettra *b* por *b'*	
352	ultima	quadrado	rectangulo
354	Fig. 186	Falta a lettra *b* no extremo direito da recta *b''db*	
359	37	$S_{ll'}$	S'_{ll}
433	Fig. 220	As lettras *M* e *I* da direita da fig. devem substituir-se por *M''* e *I''*	